

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ /ВСЕГЕИ/

МЕТОДИЧЕСКОЕ  
РУКОВОДСТВО  
ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ  
СЪЕМКЕ И ПОИСКАМ

ГОСГЕОЛТЕХИКАТ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)  
МИНИСТЕРСТВА ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР

---

# МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ И ПОИСКАМ

*СОСТАВЛЕНО ГРУППОЙ ГЕОЛОГОВ ВСЕГЕИ  
под общим руководством С. А. МУЗЫЛЕВА*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР  
МОСКВА 1954

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

*В. Д. Голубятников, А. П. Марковский, Г. А. Мирлин,  
С. А. Музылев, В. М. Сергиевский, Т. Н. Спизжарский,  
П. М. Татарин, А. В. Хабаков*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

XIX съездом КПСС перед советскими геологами поставлена исключительно важная и ответственная задача: «В целях удовлетворения растущих потребностей народного хозяйства в сырьевых и топливных ресурсах обеспечить дальнейшее развитие работ по разведке природных богатств в недрах, выявление запасов полезных ископаемых и, в первую очередь, цветных и редких металлов, коксующихся углей, алюминиевого сырья, нефти, богатых железных руд и других видов промышленного сырья» (Директивы XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 годы. Госполитиздат, 1952, стр. 14).

Одним из основных условий развития разведочных работ в размерах, указанных XIX съездом партии, является всемерное расширение поисковых и геолого-съёмочных работ, имеющих целью открытие новых перспективных районов, рудных площадей и месторождений. Именно поэтому геологическая съёмка в нашей стране приобрела за последние годы необычайно широкий размах.

В свою очередь, расширение геологической съёмки на территории СССР и повышение требований к геологическим картам определили необходимость составления методического руководства по геологической съёмке, соответствующего современному уровню науки и требованиям практики. Создание такого руководства бывшим Министерством геологии было поручено Всесоюзному научно-исследовательскому геологическому институту. К выполнению этой задачи была привлечена большая группа специалистов. В основу работ были положены опыт геологической службы в СССР в области геологической съёмки и поисков полезных ископаемых, литературные материалы и личный многолетний опыт авторов руководства.

В составлении руководства приняли участие: А. С. Амеландов, Л. Д. Берсудский, Е. П. Брунс, М. Ф. Викулова, Д. В. Вознесенский, И. В. Высоцкий, В. Д. Голубятников, П. К. Григорьев, В. Г. Грушевой, В. С. Домарев, Н. А. Елисеев, А. А. Иванов, М. И. Ициксон, Н. Ф. Касаткин, И. И. Князев, И. И. Краснов, А. Н. Криштофович, Н. Н. Курек, А. А. Логачев, Н. П. Луппов, А. К. Марков, Б. П. Марковский, В. П. Мирошниченко, Н. К. Морозенко, С. А. Музылев, А. П. Никольский, В. Н. Огнев, К. Н. Озеров, Е. О. Погребницкий, В. Э. Поярков, Л. Б. Рухин, В. М. Сергиевский, А. В. Симонов, П. В. Соколов, В. Г. Соловьев, П. М. Татарин, Н. И. Толстихин, А. В. Хабаков, С. С. Шульц и С. В. Эпштейн.

Публикуемое руководство рассчитано на геологов, в той или иной мере подготовленных к самостоятельной работе. Поэтому в него не включены сведения, которые должны быть известны из учебников. Не являясь инструктивным наставлением, определяющим порядок выполнения работ, данное руководство содержит те методические указания, которые необходимы для правильной организации и проведения геологиче-

ской съемки и поисков региональных масштабов (от 1:1 000 000 до 1:25 000).

Цель руководства — содействие повышению качества геологических исследований, главная его задача — краткое описание различных методов, применяемых при региональной геологической съемке, а также описание некоторых специальных наблюдений над осадочными, изверженными и метаморфическими породами.

При геологической съемке перед геологом возникают разнообразные задачи, которые он должен уметь решать всеми возможными и доступными для него способами, выбирая из них наиболее простые и быстрые. На пути к решению этих задач природа воздвигает много препятствий. Нельзя предусмотреть все разнообразие природных условий и дать геологу конкретный совет на любой случай.

За время своего существования и особенно за последние десятилетия советская геологическая наука и практика геологической съемки как одного из важнейших видов поисковых работ обогатились разнообразными методами исследований, позволяющими решать сложные задачи. К числу таких методов относятся, например, аэрогеологические и геофизические методы исследований, методы металлометрии и шлихового анализа, широкое применение при поисково-съемочных работах горных и буровых работ, методы ускоренного химического анализа в полевых условиях и т. д. Применение указанных методов или хотя бы некоторых из них значительно повышает качество геологической съемки, обеспечивает получение исследователем дополнительных ценных данных, делает геологическую съемку одним из лучших и наиболее эффективных методов поисков месторождений полезных ископаемых и выявления новых рудно-перспективных районов.

В главах, посвященных наблюдениям над осадочными, изверженными и метаморфическими породами, дано краткое изложение главных методов изучения этих пород. Некоторые методы трудоемки, и может создаться представление, что они неприменимы даже при геологической съемке крупных масштабов, не говоря уже о съемке масштаба 1:200 000 или 1:1 000 000. Но это не так. Например, детальное изучение одного обнажения конгломератов и замеры ориентировки галек с целью определения направления сноса требуют примерно 3—4 часов работы. Такой затраты времени на каждое обнажение геолог не может себе позволить даже при съемке масштаба 1:50 000. Однако в некоторых случаях этот метод приходится применять и при съемке масштаба 1:200 000. Представим себе, что в конгломератах встречены гальки кварца с золотом. В этом случае, независимо от масштаба съемки, не следует жалеть времени на изучение ориентировки галек, так как таким путем в конечном счете можно определить направление, откуда приносились гальки с рудным золотом, т. е. указать места, где следует искать коренное месторождение.

Точно так же трудоемок микроструктурный анализ. К нему редко приходится прибегать. Но геолог обязан его знать, так как иногда он оказывается единственным способом, позволяющим решить вопрос о характере и направлении тектонических смещений и тем самым облегчить поиски полезных ископаемых, утерянных в связи с тектоническими нарушениями.

Было бы неверно думать, что такой-то метод обязателен при геологической съемке определенного масштаба, а такой-то не обязателен. Различные методы исследований выбираются в зависимости от возникающих перед геологом задач. Геолог должен ясно представлять себе, что может дать тот или другой метод исследований и какой именно метод нужно выбрать для решения данной задачи.

## ГЛАВА I

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

#### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА И ЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ

«Ныне уже, любители рудных дел, одарены вы отменным зрением, коим нетокмо по земной поверхности, но и в недра ее глубоко проникнуть можете, то есть, по наружности и о внутренностях дознаться или, как просто говорят, по нитке знаете и клубка добратся. Пойдем ныне по своему Отечеству; станем осматривать положение мест и разделим к произведению руд способные от неспособных. Потом на способных местах поглядим примет надежных, показывающих самые места рудные. Станем искать металлов, золота, серебра и прочих; станем добираться отменных камней, мраморов, аспидов и даже до изумрудов, яхонтов и алмазов. Дорога будет не скучна, в которой хотя и не везде сокровища нас встречать станут, однако везде увидим минералы, в обществе потребные, которых промыслы могут принести не последнюю прибыль».

*М. В. Ломоносов*

Геологическая съемка является наиболее эффективным способом изучения земных недр и важнейшим средством поисков месторождений полезных ископаемых. В процессе геологической съемки устанавливается связь полезных ископаемых либо с каким-нибудь литологическим или стратиграфическим горизонтом, либо с определенными изверженными породами, либо с другими образованиями, возникшими в результате тех или иных геологических процессов. Поэтому геологическая съемка и поиски неотделимы друг от друга. Геологическая карта должна содержать материал, необходимый для решения вопроса: какие полезные ископаемые можно найти в данном районе, где и как их искать?

Главнейшее достоинство геологической карты — это ее структурность, правильное отражение геологического строения изученного участка земной коры.

Являясь сводкой данных о геологическом строении района, выраженной скупым и точным языком графики, геологическая карта имеет большое научное значение. Она служит основой для решения вопросов гидрогеологии, почвоведения, инженерной геологии и т. д.

Геологическая карта показывает состав и строение земной коры на гораздо большую глубину, чем та, которая доступна для бурения и подземных выработок. По форме границ, изображенных на карте, мы судим об условиях залегания и об истинных соотношениях массивов горных пород, о поведении пластов на глубине и т. д. Геологическая карта дает достоверные сведения о согласии или несогласии пластов, о взаимоотно-

## ЦЕЛЕВОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СЪЕМОК РАЗЛИЧНОГО МАСШТАБА

шении изверженных пород, о хронологическом порядке геологических образований и т. п. Геолог должен стремиться составить такую карту, которая позволила бы ответить на вопрос: в какой последовательности, на какой примерно глубине, какие горные породы встретит буровая скважина, если ее задать в любой, произвольно выбранной на этой карте точке. Карту, по которой нельзя решить указанной задачи, следует признать неполноценной.

Главной задачей геологической съемки является оценка перспектив района в отношении его минерально-сырьевых ресурсов. Выполнение этой задачи возможно только в том случае, если геологическая карта правильно отражает геологическое строение местности и дает достаточный материал для восстановления истории формирования недр обследованного района.

Геолог при съемке должен стремиться получить такую сумму сведений, которая позволила бы планировать более детальные поисковые, а в ряде случаев и поисково-разведочные работы без постановки дополнительных исследований.

Обычно одной геологической карты бывает недостаточно. Геологические условия или особое народнохозяйственное значение района часто требуют дополнительного специального картирования. В каждом конкретном случае комплекс дополнительных карт различен. Так, в районах широкого развития четвертичных отложений требуется отдельная карта четвертичных отложений, для других районов оказывается существенно необходимой гидрогеологическая карта, для горно-таежных районов с плохой обнаженностью всегда обязательна шлиховая карта, с помощью которой за последние десятилетия открыто немало месторождений полезных ископаемых.

Даже для одного и того же района комплекс дополнительных видов картирования не постояен: он меняется с развитием народного хозяйства области. Поэтому при планировании геолого-съемочных работ необходимо учитывать природные особенности и потребности народного хозяйства данной области и в соответствии с этим предусматривать специальные наблюдения и составление особых дополнительных карт (например, шлиховой, гидрогеологической и т. п.), если они необходимы. Составление дополнительных карт, равно как и их масштаб, должно быть обосновано проектом работ и оговорено в задании геолого-съемочной партии. Для производства дополнительного картирования в проекте работ и в смете должны быть предусмотрены специальные кадры, время и средства. Выбор дополнительных видов картирования и ответственность за правильность этого выбора ложатся на руководство учреждений, ведущих геолого-съемочные работы.

Подобные исследования производятся одной партией, состоящей из нескольких отрядов, возглавляемых лицами, могущими вполне самостоятельно производить те виды картирования, которые предусмотрены в задании.

Геологическая съемка является работой научно-производственной. Она связана с научными исследованиями и требует от исполнителя широких познаний и умения применять разнообразные методы исследований, а также известного опыта картирования. Поэтому съемку должен производить геолог достаточно высокой квалификации.

Геолог должен воспитать в себе привычку рассматривать изучаемые объекты в трех измерениях. Пространственное восприятие геологических тел совершенно необходимо. Надо научиться представлять то, что происходит с пластами на глубине, распознавать то, что с ними происходило раньше, улавливать в поле направление геологических границ и тонко различать топографические черты местности, имеющие существенное значение для понимания геологической структуры.

В практике региональной геологической съемки в СССР употребляются в настоящее время шесть масштабов: 1 : 1 000 000, 1 : 500 000, 1 : 200 000, 1 : 100 000, 1 : 50 000 и 1 : 25 000. По своему целевому назначению и методике производства съемки могут быть объединены в три типа — мелкомасштабные (1 : 1 000 000 и 1 : 500 000), среднемасштабные (1 : 200 000 и 1 : 100 000) и крупномасштабные (1 : 50 000 и 1 : 25 000). В ЕНВ для всех видов съемок и связанных с ними поисков принято общее название поисково-съемочных работ, среди которых выделяют: рекогносцировочные (масштабы 1 : 1 000 000 и 1 : 500 000), поисково-съемочные (масштабы 1 : 200 000 и 1 : 100 000) и детальные поисково-съемочные (масштабы 1 : 50 000 и 1 : 25 000). Между съемками указанных типов существует определенная преемственность: один и тот же район может последовательно пройти через съемку мелкомасштабную, среднемасштабную и крупномасштабную или, иначе говоря, рекогносцировочные, поисково-съемочные и детальные поисково-съемочные работы. При этом каждый из этапов знаменует собой определенную стадию геологической изученности, а последовательная смена их — нормальный последовательный ряд поисковых работ. Эта последовательность может не соблюдаться, если в результате мелкомасштабных работ удается обнаружить перспективный участок или месторождение полезного ископаемого. В этом случае крупномасштабные съемочные работы могут ставиться сразу после мелкомасштабных исследований, минуя промежуточные этапы.

**Съемка мелких масштабов.** Такая съемка представляет собой первый этап геологического исследования местности с целью получить общее представление об ее геологическом строении и о возможных горно-экономических перспективах. Этот этап уже пройден для значительной части СССР.

Съемка в масштабе 1 : 1 000 000 применяется сейчас только для полярных и приполярных областей и труднодоступных горно-таежных районов Дальнего Востока, Восточной и Западной Сибири.

Геологическая карта миллионного масштаба предназначена главным образом для предварительных и общих геологических построений, необходимых для того, чтобы устанавливать, какие именно районы с геологической точки зрения наиболее благоприятны для поисков полезных ископаемых, и тем самым определять очередность дальнейших, более детальных геологических съемок.

Съемка в масштабе 1 : 500 000 преследует те же цели и имеет то же назначение. Она производится в тех случаях, когда геологическая структура района настолько сложна, что при миллионной съемке она не может быть раскрыта в той мере, какая необходима для правильной оценки общих перспектив территории в отношении минерального сырья. Чаще всего масштаб 1 : 500 000 выбирается для сводных карт, составляемых на основе съемок более крупных масштабов. Сводными геологическими картами масштаба 1 : 500 000 должны быть обеспечены территории всех горно-промышленных областей СССР.

**Съемка средних масштабов.** Наиболее широко практикуется в СССР съемка в масштабе 1 : 200 000, в котором засняты и продолжают сниматься все основные горно-рудные районы Союза, а также некоторые новые районы, еще мало освоенные, но интересные в практическом отношении. Для некоторых, особо сложных в геологическом отношении, районов геологическая съемка масштаба 1 : 200 000 заменяется съемкой масштаба 1 : 100 000.

Несмотря на относительно мелкий масштаб съемки, среднемасштабные карты довольно подробно вскрывают строение недр, показывая распро-

странение различных по возрасту осадочных, вулканических и метаморфических образований, а также все более или менее крупные интрузивные тела. При этой съемке на карты наносятся все известные проявления полезных ископаемых, а также все признаки, контролирующие орудование (например, контактовые ореолы, гидротермальные изменения пород, зоны сматия и пр.), которые могут быть использованы для дальнейших, более детальных поисков месторождений.

Геологические карты средних масштабов должны: 1) дать представление о геологическом строении и истории геологического развития района; 2) установить связь полезных ископаемых с определенными комплексами изверженных или свитами осадочных пород; 3) дать оценку перспектив района в отношении каждого из встреченных в районе видов полезных ископаемых и 4) определить площади, требующие дальнейших поисков. Расчленение дочетвертичных осадочных, метаморфических и вулканических пород должно быть произведено до яруса или свиты включительно, а интрузий — до комплексов различных возрастов с выделением главных интрузивных фаз внутри каждого комплекса.

В связи с отсутствием в геологической литературе точных определений основных стратиграфических подразделений ниже приводятся главнейшие из них.

**Ярус** — часть отдела геологической системы (например, артинский ярус нижней перми). Ярус входит в состав общей геохронологической шкалы, приложимой для всего земного шара или для значительной его части. Выделение яруса основывается исключительно на точной палеонтологической характеристике отложений, литологический состав которых может быть различным; например, артинский ярус в одном регионе может быть представлен известняками, в другой — конгломератами. Определив принадлежность пород к тому или иному ярусу, геолог получает возможность сопоставления стратиграфии районов, очень удаленных друг от друга.

**Свита** — главное подразделение местной стратиграфической шкалы, вырабатываемой в процессе геологических исследований для районов более или менее ограниченных. В основу подразделения отложений на свиты кладется литологический принцип, который, по возможности, подкрепляется палеонтологически. С понятием свиты должно быть связано ее внутреннее единство по условиям образования, характеру тектоники и степени метаморфизма. Свита может состоять во всей своей массе из пород однообразного состава, или при преобладании одних пород иметь повторяющиеся прослои (например, переслаивание сланцев пачками песчаников), или, наконец, может характеризоваться пестротой своего состава как отличительной чертой свиты, представляя чередование повторяющихся прослоев различного состава.

Следовательно, одна свита должна отличаться от другой литологически и граница между ними должна быть достаточно четкой, легко различимой при геологической съемке. Внутри свит не может быть несогласий, различные же свиты могут залегать как согласно, так и несогласно. По возрасту свиты могут соответствовать любому отрезку времени и не совпадать точно с границами возрастного подразделения общей геохронологической шкалы. Мощность свит может быть различной — от десятков до тысячи метров и более.

**Подсвита** — часть свиты, имеющая какие-либо характерные особенности (главным образом литологические). Ее выделяют при значительной мощности свиты и возможности показать подсвиту на карте. Подсвиты получают одинаковое со свитой название с дополнением «нижняя, средняя или верхняя подсвита».

**Горизонт** — какая-либо характерная часть свиты или яруса (слои с фауной, слои руд, известняков, конгломератов и т. п.). Когда в свите или в ярусе выделен один или несколько горизонтов, это не значит, что свита или ярус «делится» на горизонты, а лишь показывает наличие в них каких-либо особо отличающихся и имеющих относительно небольшую мощность слоев или пачек слоев, входящих в состав свиты (яруса) и являющихся неотъемлемой ее частью.

Кроме терминов, в которые вкладывается строгое содержание (ярус, свита, горизонт), употребляются слова, не имеющие строгого научного толкования (например, толща, отложения, слои, пачка), необходимые для общих описаний. Описывая разрез, геолог может сказать: «толща песков, выделенная в такую-то свиту», или «пачка слоев, составляющая горизонт», причем в этих фразах в строгом смысле воспринимаются только термины «свита» и «горизонт», которые целиком должны соответствовать указанному для них выше содержанию.

Одинаковые по своему целевому назначению и в общем сходные по характеру отражаемых на картах геологических подразделений, геологические карты масштаба 1:100 000 отличаются от карт масштаба 1:200 000 большей насыщенностью фактическими данными и более высокой точностью нанесения на карту геологических границ.

Конкретные требования к картам различных масштабов предусматриваются соответствующими официальными документами (инструкциями и СУСН).

**Съемка крупных масштабов.** По существу только съемки масштабов 1:50 000 и 1:25 000 обеспечивают изучение района с такой степенью детальности, какая необходима для решения прикладных геолого-поисковых и разведочных задач. Поиски полезных ископаемых в этих масштабах приобретают особую целеустремленность, поскольку исследования ведутся после геологической съемки средних масштабов, в основном уже определившей связь полезных ископаемых с тем или иным геологическим образованием. Уточняя эту связь и выявляя закономерности пространственного распределения полезных ископаемых, геолог должен дать в результате геологической съемки масштабов 1:50 000—1:25 000 перспективную оценку размеров и значения выявленных месторождений полезных ископаемых, а также определить границы площадей, подлежащих детальному поиску или поисково-разведочным работам.

Все геолого-съемочные работы, проводимые в масштабе 1:50 000 и крупнее, как правило, являются специализированными на определенное полезное ископаемое, но при этом обязательно попутное изучение и опробование всех других полезных ископаемых, встреченных на изучаемой площади. Специализированными поисково-съемочными работами являются:

1. Детальные геолого-съемочные в масштабах 1:50 000—1:25 000, направленные на выявление определенного полезного ископаемого или группы их в районах, ранее не обследованных в данном масштабе.

2. Геолого-съемочные и детальные геолого-съемочные в масштабах 1:100 000—1:25 000, направленные на выявление определенных полезных ископаемых или группы их в районах, ранее хотя и обследованных в данном или близком к нему масштабе, но без проведения поисков.

3. Геоморфологические и детальные геоморфологические геолого-съемочные в масштабах 1:200 000—1:25 000, направленные на изучение геоморфологии района как основы для поисков россыпных месторождений.

4. Структурные и детальные структурные геолого-съемочные в масштабах 1:200 000—1:25 000, имеющие своей целью поиски месторождений нефти и газа, связанных с тектоническими структурами.

Геологическая съемка крупных масштабов применяется главным образом для изучения площадей, наиболее перспективных в отношении развития полезных ископаемых, т. е. для рудных зон и рудных узлов, угольных бассейнов и т. п.

При этих съемках необходимо широкое применение горных работ с целью вскрытия и прослеживания коренных пород под наносами. Четвертичный покров на геологических картах в этом случае обычно не показывается.

Геологические съемки различных типов отличаются между собой также и по методу их производства.

Существуют три основных метода геологической съемки:

- 1) метод прослеживания геологических границ по простиранию;
- 2) метод точного оконтуривания и изучения всех обнаженных участков;
- 3) метод пересечений по различным направлениям, преимущественно вкрест простирания пород.

При геологической съемке приходится применять комбинацию различных методов, в зависимости от необходимости разрешить тот или иной вопрос, однако для определенного масштаба съемки один из методов является преобладающим. Так, преобладающим методом для съемки мелких масштабов является метод пересечений, для съемки средних масштабов — метод пересечений с применением отчасти метода просле-

живания по простиранию, для съемки масштабов 1 : 50 000 и более детальных — метод прослеживания контактов и отчасти метод оконтуривания, метод же пересечений имеет подчиненное значение.

Методы геофизических и аэрогеологических исследований ускоряют процесс геологической съемки, повышают ее точность, предоставляют геологу дополнительные ценные данные; поэтому необходимо использовать их всюду, где это возможно.

Применение геофизических методов особо необходимо в районах, закрытых четвертичным покровом. Здесь в большинстве случаев эти методы позволяют с достаточной достоверностью решать вопросы геологического строения района, значительно сокращая при этом объем дорогостоящих и трудоемких горных работ. В последние годы особенное значение приобрели сейсмические работы. Вопрос возможности использования геофизических методов должен быть выяснен в процессе проектирования геолого-съемочных работ.

Аэрометоды в области геологической съемки получили всеобщее признание, и круг вопросов, которые разрешаются с помощью аэрометодов, с каждым годом расширяется. Геологическое дешифрирование аэроснимков ускоряет темпы работ и улучшает качество геологической карты. Поэтому геолог должен заблаговременно запастись необходимым количеством контактных отпечатков и фотопланов, если район предстоящих исследований был ранее заснят с самолета. Аэрогеологические работы по способу их проведения разделяются на три группы: 1) с дешифрированием аэроснимков и аэровизуальными наблюдениями; 2) с аэровизуальными наблюдениями, но без дешифрирования аэроснимков; 3) только с дешифрированием аэроснимков. Наиболее эффективны аэрометоды в геоморфологии. В области геологического картирования аэрометоды наиболее применимы в районах со слабо развитым четвертичным и растительным покровом, хотя некоторые элементы геологической структуры иногда отражаются и на снимках затеженных пространств. Аэрометоды применимы и для поисковых и для разведочных работ при изучении нефтеносных структур, соляных куполов, железных шляп, каолинизированных зон и т. п., а также в гидрогеологии и инженерной геологии.

Для районов с широким распространением четвертичных отложений необходимо предусмотреть в проекте геолого-съемочных исследований достаточное количество горных и буровых работ как с целью вскрытия и изучения контактов между различными геологическими образованиями, так и для обследования мест с найденными признаками полезных ископаемых.

В табл. 1 приведены основные данные, характеризующие геологические карты различного масштаба.

Т а б л и ц а 1

Тип карты	Масштаб	Целевое назначение	Основной метод исследования
Мелко-масштабный	1 : 1 000 000 1 : 500 000	Общая оценка горно-экономических перспектив территории и установление площадей, благоприятных для поисков полезных ископаемых	Метод пересечений
Средне-масштабный	1 200 000 1 : 100 000	Установление связи полезных ископаемых с определенными комплексами изверженных и свитами осадочных пород. Оценка перспектив района по каждому виду обнаруженных полезных ископаемых	Метод пересечений в комбинации с методом прослеживания границ по простиранию
Крупно-масштабный	1 : 50 000 1 : 25 000	Перспективная оценка практического значения выявленных месторождений полезных ископаемых и определение направления дальнейших поисково-разведочных работ	Метод прослеживания границ по простиранию и отчасти метод оконтуривания

## ГЛАВА II

### ПОДГОТОВКА К ПОЛЕВОЙ РАБОТЕ

Подготовка к работам по геологической съемке играет большую роль. На ее правильную организацию должно быть обращено особое внимание. Во время подготовительного периода ответственный исполнитель обязан: 1) учесть и изучить все главнейшие материалы прежних геологических работ по району; 2) обеспечить партию топографическими картами и материалами аэрофотосъемки; 3) организовать партию и принять меры к обеспечению ее необходимым оборудованием и снаряжением.

Администрация учреждения должна поставить ответственного исполнителя в известность о районе очередных исследований, по крайней мере, за три месяца до начала полевых работ, чтобы он имел возможность обеспечить подготовку к ним.

В целях наиболее углубленного изучения данного района и повышения квалификации сотрудников не следует допускать частой переброски геолога из одного района в другой. Каждому геологу (в особенности молодому) необходимо проработать в одном районе не менее 2—3 лет.

### ИЗУЧЕНИЕ РАЙОНА ПО ДАННЫМ ПРЕЖНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В период подготовки к полевой работе геолог должен собрать возможно более полный библиографический материал по району предполагаемых исследований и ознакомиться с главной литературой как непосредственно по району предстоящих работ, так и по прилегающим районам.

Помимо печатного материала, важные данные могут находиться в различных архивных материалах, отчетах, докладных записках, актах обследования. Надо использовать также рукописные карты и планы. Такие материалы имеются во Всесоюзном геологическом фонде, в фондах территориальных геологических управлений, во ВСЕГЕИ и в ряде научно-исследовательских институтов, в архивах различных ведомств и организаций.

По литературным данным необходимо выяснить стратиграфическую схему, мощность и литологический характер отдельных толщ и их фациальные изменения, тектонику и распространение различных горизонтов. Основные данные конспектируются. Особенное внимание надо обратить на уже имеющиеся геологические карты, которые, если возможно, приобретаются или перечерчиваются с тем, чтобы их можно было взять с собой в поле.

Из работ, содержащих фактический материал по району, делаются выписки, касающиеся местонахождения важных опорных разрезов, пунктов нахождения полезных ископаемых и мест их разработки. Все такие пункты должны быть помечены на особой карте. На этой же карте сле-

дует отметить все пункты, представляющие, по литературным данным, интерес в том или ином отношении (особая сложность строения, места нахождения палеонтологических остатков, важные участки для разъяснения стратиграфических и тектонических вопросов, наличие спорных вопросов), а также главнейшие водные источники, на которые будет необходимо обратить внимание при полевой работе. Нельзя упускать из вида вопросы водоснабжения и вообще вопросы водного хозяйства в районе.

При изучении литературы геолог должен обратить особое внимание на все спорные вопросы, неясности, неразрешенные задачи для района его будущей работы, а также и на вопросы более широкого значения, для разрешения которых съемка района должна дать тот или иной материал. Необходимо стараться определить важнейшие разногласия и спорные вопросы, продумав и наметив возможные пути для их разрешения. Иными словами, геолог должен стремиться представить, какие основные задачи должны быть поставлены при съемке в зависимости от характера района и степени его изученности, какие полезные ископаемые он может найти в данном районе, на разрешение каких спорных вопросов он обязан обратить наибольшее внимание.

Учитывая литературный материал по полезным ископаемым и нанося на карту различные рудопроявления, геолог должен увязать географическое размещение известных полезных ископаемых с геологическим строением района и путем анализа этих данных выяснить, какие факторы контролируют оруденение: располагается ли оно в связи с определенными интрузиями или ложится на линии разрывов; локализуется ли оно в пределах каких-то геологических структур или подчинено определенным свитам (горизонтам). Для концентрации полезных ископаемых бывает благоприятна та или иная комбинация геологических предпосылок, выяснение которых является одной из важнейших задач геологосъемочных работ.

Уяснив себе, какие геологические моменты управляют распределением в районе полезных ископаемых, геолог делает свою поисковую работу геологически осмысленной. Этим и отличается работа геолога-съемщика и поисковика от работы случайных первооткрывателей, неожиданно встречающихся на своем пути те или иные полезные ископаемые.

Знакомясь по литературе с установленными закономерностями в распределении полезных ископаемых и создавая новые рабочие гипотезы для поисков, геолог не должен следовать им слепо. В полевой обстановке, руководствуясь определенными идеями, геолог обязан неумолимо искать факты, не только подтверждающие, но и опровергающие их. Исследователь, стремящийся найти только подтверждение своих предположений и избегающий противоречащих фактов, не может рассчитывать на действительный успех своей работы.

Если литературный материал по району предполагаемой съемки явно недостаточен для составления общего представления о его строении или совсем отсутствует, необходимо основательно ознакомиться с литературой более общего значения, охватывающей более обширную область, включающую данный район.

Кроме чисто геологической литературы, важно ознакомиться и с такими источниками, откуда можно было бы почерпнуть сведения, касающиеся гидрографии, рельефа, почвенного покрова, растительности и климата. Ознакомившись с рельефом, гидрографией, растительным покровом и климатом, можно более целесообразно наметить маршруты и средства передвижения, рациональнее снарядиться и распределить сроки работы. В то же время эти сведения необходимы для решения ряда гидрогеологических и геологических вопросов.

Геолог должен помнить, что составляемые им геологические карты служат основой для постановки и разрешения ряда практических, эконо-

мических и технических вопросов, относящихся как к самому району съемки, так нередко и к более обширной области за его пределами.

Для правильного учета конкретных потребностей и вопросов различных отраслей хозяйственной деятельности геолог обязан также ознакомиться с литературой по экономике и некоторым техническим вопросам, наиболее актуальным для района его исследования. Необходимо ознакомиться с планом реконструкции и развития народного хозяйства, с объектами намечаемого строительства в районе исследования и в области, включающей данный район. Особенно важно знать, какие текущие задачи требуют для своего разрешения геологических исследований и в какой мере может удовлетворить этому требованию геологическая съемка.

Съемка должна быть тесно связана с запросами практической жизни, и ее надо строить таким образом, чтобы она в наибольшей степени отвечала этим запросам. Отрыв геолога-съемщика от вопросов, жизненно интересующих край, область или район его исследований, приводит нередко к обесцениванию работы и к необходимости многократного перекрытия одних исследований другими. Каждому геологу-съемщику необходимо поставить перед собой задачу не ограничиваться работой по составлению геологической карты и отысканию тех или иных месторождений, а стремиться к тому, чтобы его работа была максимально практически ценной. Знакомство с основными хозяйственными и техническими проблемами края позволит геологу внести в свою работу необходимую целеустремленность. Он сможет вести ее не по шаблону, а видоизменяя местами ее характер сообразно с теми задачами и вопросами, разрешение и освещение которых является возможным в той или иной части района. Он сможет в этом случае рационально распределить силы и время партии, не распылив их на мелочи, и избежать опасности пропустить при съемке те явления и факты, попутная регистрация которых имеет существенное значение для решения важной очередной проблемы.

Перед выездом на полевые работы геолог, если он едет в новый для него район, должен ознакомиться с минералогической, петрографической и палеонтологической коллекциями, собранными предыдущими исследователями. Если образцов горных пород и ископаемых из предполагаемого района съемки не имеется, то необходимо просмотреть коллекции из соседних районов.

Предварительное ознакомление с породами и ископаемыми имеет очень большое значение, так как по описаниям, даже самым лучшим и точным, невозможно составить полное представление об их облике. Образцы пород важно видеть самому, внимательно приглядеться к их характерным признакам, чтобы запечатлеть их в памяти и сразу узнать в поле. Палеонтологический материал необходимо тщательно рассмотреть, обратив особое внимание на руководящие формы; надо ясно представить себе облик отдельных форм в зависимости от пород, в каких они встречаются, характера и степени их сохранности.

Важно, особенно в тех случаях, когда геолог едет в новый для него район, до выезда на полевые работы обсудить ряд вопросов со специалистом, хорошо знающим или самый район работ, или область, в состав которой входит данный район.

В результате изучения литературы в подготовительный период, до выезда на полевые работы составляется обзор предыдущих исследований, который явится одной из глав будущего отчета, и список литературы в алфавитном порядке под единой нумерацией, но с выделением опубликованных и неопубликованных материалов.

Следует считать недопустимым, когда изучение и проработка имеющегося геологического материала откладываются на период камеральной обработки, так как нельзя правильно планировать работу, не зная того, что и как сделано и какие результаты получены в прошлом.

Топографическая основа должна быть подобрана обязательно из числа новейших опубликованных топографических карт, утвержденных государственными органами. При производстве геологической съемки рекомендуется применять топографические основы вдвое более крупного масштаба по сравнению с заданным; например, работа по съемке в масштабе 1 : 200 000 ведется на основе масштаба 1 : 100 000 и т. д. При производстве геологической съемки в масштабах 1 : 200 000 и более крупных не разрешается использовать топографические основы, изготовленные путем увеличения карт более мелких масштабов.

Геолог должен заблаговременно узнать, имеются ли для района предстоящих работ аэрофотоматериалы, и позаботиться об их приобретении для работы в поле. Важно получить контактные отпечатки аэроснимков и репродукции накидного монтажа, а не только смонтированные аэрофотопланы. До выезда на полевые работы геолог должен подвергнуть аэроснимки предварительному дешифрированию под стереоскопом, о чем подробно будет сказано дальше.

Геологу и прорабу необходимо иметь для составления полевой карты по крайней мере по одному экземпляру топоосновы, разрезанной и наклеенной на материю. Наклейка рабочих экземпляров топоосновы на материю абсолютно необходима, так как в противном случае этот важный (исходный) документ быстро приходит в ветхость и становится непригодным для дальнейшей работы. Кроме того, требуется по крайней мере один неразрезанный экземпляр основы, на который в процессе работ переносятся все данные геологических наблюдений.

## СОСТАВЛЕНИЕ И УТВЕРЖДЕНИЕ ПРОЕКТА РАБОТ

Ответственный исполнитель, получив задание и ознакомившись со всеми материалами по данному району, составляет проект работ, в котором кратко излагает целевую установку работы, указывает, что сделано по району ранее и что необходимо выполнить партии, выбирает метод работы, намечает состав партии и составляет ориентировочный план работ, а также смету необходимых расходов.

Следует признать весьма целесообразным, в особенности для молодых работников, составление доклада с целью защиты проекта работ перед своей производственной ячейкой — отделом или сектором. Докладывая и защищая проект, начальник партии может получить ряд ценных и нужных замечаний, которые помогут ему лучше провести работы; кроме того, при защите проекта могут быть уточнены и детализированы отдельные элементы задания.

Проект работ должен содержать в себе следующие разделы:

1. Целевая установка, где указывается, от кого получено задание, его объем и характер, сроки выполнения, а также обосновывается целесообразность постановки работ в данном районе.

2. Географо-экономическая характеристика района работ, где указываются номенклатура планшета в международной разграфке или географические координаты площади работ, характер рельефа, климатические условия, пути сообщения и их состояние, плотность населения, главные населенные пункты и промышленные центры, ведущие отрасли народного хозяйства района, условия найма рабочих на месте.

3. Обзор предыдущих исследований, содержащий краткую характеристику ранее проведенных геологических работ; здесь приводятся данные о полезных ископаемых, обнаруженных предыдущими исследователями.

4. Методика и объем работ, где геолог излагает свою точку зрения на геологию района, которая у него сложилась в результате изучения

и анализа всех материалов, а также определяет вытекающие отсюда методику, объем и последовательность проектируемых исследований<sup>1</sup>. Дается, кроме того, обоснование необходимости одновременного производства тех или иных видов специального картирования (гидрогеологического, геоморфологического, шлихового и т. д.) с обязательным указанием масштаба карт, а также необходимого для выполнения этих работ персонала и оборудования.

5. Производственно-технический раздел, в котором приводятся план и графики организации и ликвидации партии, полевых и камеральных работ, расчет стоимости работ, в том числе горных и буровых, указываются необходимые вспомогательные мероприятия (организация полевых лабораторий, зимние заброски и т. д.).

К каждому проекту прилагаются: 1) обзорная карта с указанием площади предстоящей геологической съемки; 2) прсект графика работ; 3) картограмма геологической заснятости.

Проект должен быть краток, четок, надлежаще оформлен и утвержден начальником учреждения или его первым заместителем.

Основной производственной единицей, ведущей геолого-съемочные работы, является геолого-съемочная партия. Силами партии под единым руководством начальника партии должен быть выполнен весь комплекс работ, необходимых для решения поставленных задач, и составлен единый геологический отчет, обобщающий полученные результаты.

Для выполнения отдельных частных задач внутри партии могут создаваться отряды, причем каждый из них выполняет определенную однородную задачу, например геологическую съемку, шлиховое опробование, буровые работы и т. п. Работу отрядов направляет и координирует начальник партии.

Поисково-съемочные партии, работающие в смежных районах, могут объединяться в экспедицию. Организация экспедиции преследует цель улучшить качество технического руководства работами путем назначения более опытных геологов на должность начальника или главного геолога экспедиции, обязанного непосредственно руководить работой подчиненных партий. Кроме того, в экспедиции имеются большие возможности для организации полевых лабораторий и других подсобных производств. Наличие полевых лабораторий (химических, шлиховых, петрографических и т. п.) может значительно улучшить качество полевых работ, сделать их более эффективными и ускорить получение результатов.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРТИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕЕ КАДРАМИ, ОБОРУДОВАНИЕМ, СНАРЯЖЕНИЕМ И ТРАНСПОРТОМ**

Исключительное значение для успешного выполнения работ имеет умелая организация партии: подбор сотрудников соответствующей квалификации, хорошо продуманный план работ, правильная расстановка сил и наличие необходимого оборудования, снаряжения и транспорта. В вопросах снаряжения и транспорта начальник партии должен проявить предусмотрительность, выбрав действительно все необходимое для работы и в то же время не перегружая партию ничем лишним. Нужно помнить, что, с одной стороны, недостаток в оборудовании очень болезненно отражается на работе, нередко сильно понижая ее качество, а с другой — каждая лишняя вещь является балластом, обременяющим

<sup>1</sup> В ходе полевых исследований методика и план работ могут и должны быть изменены, если этого потребуют новые факты, полученные в результате наблюдений.

партию, в особенности в труднодоступных районах и при съемке мелких масштабов, когда приходится делать большие маршруты.

Начальник партии обязан составить список требуемого снаряжения и оборудования и обеспечить получение его до выезда в поле.

Точные инструменты (теодолиты, тахеометры, нивелиры, фотографические аппараты) должны быть выверены и испробованы. Анероиды и барографы должны сдаваться для проверки и установления новых поправок в метеорологические учреждения.

## ГЛАВА III

### МЕТОДЫ И ТЕХНИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

#### МЕТОДЫ СЪЕМКИ

Мнение, что во время полевых работ следует вести лишь так называемое «беспристрастное» накопление фактов, из боязни возникновения «предвзятых идей», и что сводка материала должна производиться лишь при камеральной обработке, нужно признать совершенно неверным. Идеи, возникающие в процессе работы, должны быть сразу же проверены всеми доступными средствами, подтверждены или отвергнуты в результате целеустремленных наблюдений. Именно в том случае, когда осмысливание и увязка всего материала откладываются до камеральной обработки, возникает опасность однобоких толкований и преобладания «предвзятых идей», так как будет отсутствовать возможность фактической проверки этих идей в поле. На камеральный период остается достаточно работы для углубленного анализа собранного материала и для более убедительного обоснования сделанных выводов данными палеонтологической или петрографической обработки материалов. Такая обработка материалов может вносить не только уточнения, но и видоизменения в расчленение и определение возраста отложений, однако представление об основных элементах строения и геологических особенностях обследованной площади должно быть получено уже во время полевых работ.

Процесс геологической съемки, как известно, состоит в прослеживании в поле и нанесении на карту всех элементов геологического строения изучаемой местности. В масштабе 1 : 50 000 и в более мелких масштабах далеко не все геологические образования (например, не каждый пласт известняка или песчаника) можно изобразить как самостоятельный объект. Приходится в одних случаях объединять и показывать как одно целое серию различных пластов, в других, наоборот, искать какие-то отличительные признаки для разделения литологически однородных толщ на определенные единицы. До тех пор, пока не будет обследована достаточно большая площадь, в этом направлении трудно бывает прийти к окончательному решению. Поэтому с самого начала съемки геолог должен стремиться (насколько допускает масштаб топографической основы) наносить на нее как можно больше деталей, чтобы использовать эти детали при составлении окончательной геологической карты.

Главным объектом геологических исследований является горная порода. Геолог, изучающий в различных обнажениях горные породы, прежде всего стремится найти между ними черты сходства и различия и нанести на карту границы между массами пород, различных в том или ином отношении. Поэтому наши геологические карты оказываются осно-

ванными в первую очередь на наблюдениях литологических, а затем уже на стратиграфических, тектонических и др.

Правильное соотношение между заданным масштабом съемки, методом съемки и детальностью полевых наблюдений является ответственным моментом в процессе геолого-съёмочных исследований. Увеличение масштаба съемки заключается не только в простом увеличении точности и детальности наблюдений, но должно сопровождаться изменением методики геологического картирования. Недооценка этого положения часто приводит к тому, что геологическая карта, выполненная формально на основе, например, 1 : 50 000, на самом деле не имеет достаточных оснований называться детальной съемкой этого масштаба и может служить лишь материалом для составления геологической карты более мелкого масштаба.

Остановимся несколько подробнее на характеристике методов геологической съемки.

Метод пересечений состоит в том, что геолог пересекает район по определенным маршрутам, регистрируя встречающиеся на пути обнажения и точно отмечая геологические границы. Для достижения хороших результатов этот метод требует высокой квалификации и опытности геолога, так как фактический материал часто бывает довольно скудным и для построения карты необходимо широкое применение интерполяции. Этот метод применяется для съемок как складчатых районов, где маршруты располагаются преимущественно вкрест простирания пластов и основных тектонических линий, так и районов спокойного и горизонтального залегания пород. В районах с равнинным рельефом, а также в районах развития массивно-кристаллических пород сеть маршрутов располагается в основном по элементам гидрографической сети и по дорогам, пересекающим водораздельные пространства.

Выбор сети маршрутов требует большого внимания, так как от этого в сильной степени зависит успех работы.

В высокогорной местности бывает полезно перед планированием маршрутов осмотреть район с наиболее высоких точек и, ознакомившись таким образом с его геологией и топографией, наметить наиболее целесообразную сеть маршрутов. Однако лучше всего для рационального выбора маршрутов изучить аэрофотопланы и провести предварительный осмотр района работ с самолета.

Густота и расположение маршрутов в отдельных частях района зависят от степени сложности геологического строения, рельефа и наличия полезных ископаемых. При использовании топоосновы более крупного масштаба, чем это обусловлено заданием, необходимо детальность работы и густоту маршрутов соразмерять с тем, что может быть изображено на карте заданного масштаба съемки. Если при съемке встречается участок, где основы строения района могут быть выяснены лишь путем детальной съемки данного участка, то последняя должна быть сделана в масштабе, допускаемом имеющейся основой, или даже на специально составленной для этого основе (глазомерной или инструментальной).

При наличии в районе разрезов, раскрывающих геологическое строение на большом протяжении, например непрерывно обнаженных берегов рек, эти разрезы обязательно прослеживаются на всем расстоянии независимо от того, идут они или не идут вкрест простирания.

Метод прослеживания по простиранию контактов и пластов применяется при съемках масштабов 1 : 50 000 и более детальных (в сочетании с методом оконтуривания). Методом прослеживания пользуются в хорошо обнаженных районах и при съемках масштаба 1 : 200 000.

Закрытые участки прослеживаемых геологических границ там, где это необходимо, вскрываются шурфами и мелкими ручными скважинами, количество которых определяется заданием. В слабо обнаженных рав-

нинных районах спокойного залегания слоев этот метод применим лишь на немногих участках (по обнаженным побережьям крупных рек и т. п.) и должен сочетаться с работой маршрутного типа, основанной на изучении отдельных обнажений, и с более или менее широким применением земляных и буровых работ.

При детальной съемке по простиранию работа должна начаться с изучения, расчленения на горизонты и измерения мощности нормального разреза, а затем и установления тех опорных горизонтов, которые можно будет протягивать на карте, или тех подразделений, границы которых должны быть на ней изображены. Следует иметь в виду, что некоторые границы, выделяемые и наносимые как опорные горизонты на полевой карте, могут и не попасть на окончательную карту. Эти границы иногда не являются границами определенных стратиграфических единиц, а представляют настолько тонкие прослои, что они не укладываются в заданные масштабы. Однако, несмотря на это, геолог должен их наносить на полевой экземпляр карты, если они характерны и хорошо прослеживаются на более или менее значительное расстояние, так как они помогают пониманию геологического строения и его правильному картированию.

Сама съемка методом прослеживания заключается в прослеживании шаг за шагом определенных стратиграфических горизонтов, тектонических и магматических контактов. Здесь необходимо отметить следующее:

1. При геологической съемке районов развития осадочных пород геолог должен пройти по выбранным опорным горизонтам, нанося цветными карандашами их выходы на карту, обозначая сплошными линиями обнаженную часть горизонтов и границ, проставляя в соответствующих местах азимуты и углы падения, номера «обнажений», т. е. точки, к которым приурочены запись в полевой книжке или взятие образцов. Точки стояния определяются прямо по карте по деталям рельефа или путем засечек, измерением расстояния от опорных точек или с помощью барометрической нивелировки. Также должны быть пройдены и нанесены на топооснову линии разрывов с замерами падения их плоскостей. Протягивание на карте границ между соседними обнажениями производится непосредственно в поле. Построение границ геометрическим путем должно служить лишь способом проверки и применяться главным образом при полевой камеральной обработке.

При картировании методом прослеживания следует время от времени повторять измерения мощности разреза и следить за фаціальными изменениями свит.

2. При прослеживании контакта изверженных пород с осадочными прежде всего надо установить относительный возраст тех и других, т. е. налегают ли осадочные породы на размытую поверхность изверженных, переслаиваются ли покровы изверженных пород с осадочными, прорывают ли изверженные породы осадочную толщу или образовали в ней гластовые залежи. Выходы интрузий оконтуриваются, и производятся наблюдения, которые требуются в контактовой зоне.

3. При прослеживании линий разрывов следует наблюдать на поверхностях скольжения штрихи и борозды, направление (азимут) и наклон которых должны быть замерены, исследовать свойства штриховки в обоих направлениях, изучать мощность и состав брекчии трения, искать завороты крыльев, измерять, где это возможно, величину и направление относительного перемещения крыльев по разрыву. Вообще необходимо детально выявлять все морфологические особенности тектонических нарушений. Прослеживая тектонические линии, следует пользоваться и геоморфологическими данными, однако с осторожностью и не придавая им решающего значения.

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ВЫСОКОГОРНЫХ РАЙОНОВ

В высокогорных районах геологическая съемка масштаба 1 : 200 000 в основном должна производиться путем пересечений по долинам рек, сеть которых в горах для этого почти всегда достаточна. Основные маршруты следует располагать вдоль конных троп, так как при большей площади съемки затрата времени на преодоление препятствий идет в ущерб выполнению плана.

В горных хребтах с эрозионным рельефом наиболее частые, иногда почти сплошные обнажения расположены обычно в нижних частях склонов речных долин или в прирусловых частях их. Как бы долины ни располагались относительно геологических границ, прирусловые их части всегда дают самый полный и надежный материал, так как вследствие молодости врезов мы видим здесь наиболее свежие разрезы.

В высокогорных областях сыртов и в области развития ледниковых ландшафтов нижние части троговых долин, наоборот, обычно покрыты рыхлыми отложениями и изучение коренных пород должно производиться по их выходам, обнажающимся высоко на склонах. Маршруты вдоль межгорных депрессий или вдоль широких ледниковых долин (особенно продольные) должны проходить, как правило, по обоим их склонам.

При съемке масштаба 1 : 50 000 основные разрезы изучаются также по долинам рек и в участках наиболее полно обнаженных и доступных, но с обязательным прослеживанием контактов по простиранию. При этом геолог, работающий в горах, сталкивается с двумя категориями трудностей:

1. Горный склон, по которому должен быть прослежен контакт, может оказаться плохо обнаженным — покрытым осыпями, оползнями, лесом или кустарниками. В таком случае работа сводится к регистрации контакта в отдельных выходах коренных пород, расположенных по простиранию. Здесь требуется внимательный учет геоморфологических особенностей, чтобы не принять за коренные выходы крупные глыбы горных пород, сдвинувшиеся вниз по склону вследствие действия силы тяжести. На склонах гор следует очень осторожно пользоваться обычным для равнинных районов методом наблюдений над высыпками, небольшими подпочвенными выходами и т. п., так как здесь распространены крупные по масштабу смещения делювия вниз по склону. Возможное движение масс вниз по склону следует учитывать и при определении элементов залегания пород, так как на крутых склонах часто наблюдаются загибы голов пластов в поверхностных частях выходов.

2. Горные склоны обнажены, но недоступны. Эти случаи встречаются чаще всего, так как хорошие обнажения образуются на крутых обрывах, с которых все продукты выветривания удаляются немедленно естественным путем. Такие участки можно было бы изучить, применяя искусство альпинизма, но это, как установлено практикой, поглощает чрезвычайно много времени, средств, связано с большим риском, и, кроме того, все внимание при этом расходуется на преодоление препятствий и не остается почти ничего на сбор фактического материала. Можно рекомендовать визуальное изучение таких обнажений с противоположного склона долины, но обязательно с двух-трех точек наблюдения, чтобы избежать искажения перспективы.

Такое визуальное изучение необходимо производить только с контактными отпечатками аэрофотосъемки в руках. На топографических планшетах наземной съемки все формы рельефа, имеющие угол склона более 45°, показаны знаком обрывов без всяких деталей, и нанесение границ на таких обрывах методом визуальных наблюдений дает в результате

лишь зарисовку, по точности не соответствующую требованиям, предъявляемым к детальным картам.

Вообще говоря, в горных областях составление геологической карты масштаба 1 : 50 000 и крупнее может быть проведено в соответствии с требованиями точности только при пользовании аэрофотоосновой более крупного масштаба и топографическими планшетами, составленными по материалам аэрофотосъемки.

Использование геологом в поле контактных отпечатков облегчает выбор маршрутов, ориентировку на местности и делает более точным само картирование, так как на контактных отпечатках большей частью (особенно для крутых и труднодоступных склонов) видны геологические границы различных свит и отдельных горизонтов.

Помимо того, контактные отпечатки необходимы для выяснения основных черт рельефа, который в горных областях не может рассматриваться без учета новейших тектонических движений, его создавших. Геологические исследования в горных районах требуют специальных подъемов на вершины, наблюдения с которых позволяют прокорректировать общие контуры прослеженных по долинам и склонам геологических границ и основных структур. В этом отношении еще лучшие результаты дают наблюдения с самолета.

Однако во всех случаях — и при съемке масштаба 1 : 200 000, и при съемке масштаба 1 : 50 000 — в целях тщательного изучения разреза работа геолога производится наземным путем, с молотком и горным компасом в руках.

Трудности передвижения в горах, особенно на больших высотах, заставляют обратить серьезное внимание на организацию, снаряжение и транспорт геолого-съемочной партии. Партия должна быть обеспечена легко подвижным конновьючным и верховым транспортом, чтобы она могла перебрасывать свой лагерь как можно ближе к наиболее трудоемким и ответственным участкам работы.

Не останавливаясь на рассмотрении полевого снаряжения, обуви, палаток, сидел и пр., требования к которому изложены в «Полевой геологии» В. А. Обручева, еще раз подчеркнем, что в трудных условиях работы в высоких горах транспорт и снаряжение партии заслуживают особого внимания.

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ РАВНИННЫХ РАЙОНОВ

Особенностью равнинных районов (центральные области РСФСР, значительные части Украины, Белоруссии, Западно-Сибирская низменность и др.) является то, что в большей своей части они слабо обнажены и покрыты мощной толщей четвертичных отложений. В связи с этим картирование дочетвертичных отложений нередко представляет здесь значительные трудности. Кроме того, следует добавить, что в равнинных районах обычно отложения лежат горизонтально или почти горизонтально.

Указанные особенности определяют и некоторую специфику геологической съемки этих районов, заключающуюся в общем в следующем.

В этих случаях геологическая съемка как масштаба 1 : 200 000, так и масштаба 1 : 50 000 производится путем пересечения района сетью более или менее равномерно расположенных по площади маршрутов. Маршруты располагаются как по долинам рек, так и по водоразделам.

В силу широкого развития различных по происхождению и иногда очень мощных (до 100 м и более) четвертичных отложений, последние приобретают для района значение главных геологических образований, имеющих нередко первостепенное значение при решении различного рода

народнохозяйственных задач. Поэтому здесь геолог-съемщик обязан с одинаковой детальностью и тщательностью изучать и картировать как дочетвертичные (коренные), так и четвертичные отложения. Составление карты четвертичных отложений в этих случаях обязательно.

В равнинных областях водораздельные пространства, занимающие обширные площади, как правило, не имеют естественных обнажений. Поэтому, чтобы составить правильное представление о геологическом строении всего района в целом, а не отдельных его частей, обнаженных в долинах рек и в балках, геолог-съемщик обязан самым внимательным образом документировать на водораздельных пространствах не только все имеющиеся искусственные выработки (буровые скважины, карьеры, колодцы, погреба, силосные ямы и пр.), но и самые мелкие обнажения и выходы пород в колеях дорог (особенно по склонам), у кротовин, у телеграфных столбов и пр., а также внимательно изучать характер почвенного покрова, лесной растительности и т. д.

Это касается в первую очередь геологической съемки масштаба 1 : 50 000, но не должно игнорироваться и при съемках масштаба 1 : 200 000.

Даже при очень тщательных наблюдениях изучение одних естественных обнажений обычно не дает возможности геологу составить достаточно обоснованные геологические карты крупного масштаба не только коренных, но и четвертичных отложений.

Отсюда вытекает еще одна особенность геологической съемки в равнинных районах: необходимость сопровождения геолого-съемочных работ буровыми и горными работами.

Буровые скважины (или горные выработки) должны размещаться в первую очередь на закрытых водораздельных пространствах и их склонах с таким расчетом, чтобы каждая выработка осветила наибольшую площадь и вскрыла основные маркирующие горизонты для данного района, основываясь на которых геолог мог бы составить и обосновать геологические карты коренных и четвертичных отложений. Кроме того, при размещении скважин и горных выработок следует учитывать необходимость освещения геологического строения различных геоморфологических районов.

В равнинных областях слои, доступные изучению, как правило, настолько полого наклонены, что наклон часто не удается определить с помощью горного компаса. С другой стороны, наблюдаемые иногда более или менее значительные углы падения нередко имеют местное значение (оползни, карсты и др.) и не могут быть использованы для суждения об условиях залегания пластов на всей исследованной площади.

Для составления правильного представления об условиях залегания в таких районах пользуются обычно методом структурной съемки. Геолог-съемщик в самом начале полевых работ, а при наличии ранее проведенных работ и по литературным данным, еще до выезда в поле, выбирает один или несколько опорных (хорошо определяемых в поле на глаз) горизонтов, высотное положение которых затем тщательно отмечается во всех выработках и обнажениях.

Последующая обработка этих материалов, в совокупности с данными геоморфологических наблюдений, позволяет составить правильное представление о структурных особенностях всего района.

Геоморфологические наблюдения приобретают в равнинных, мало обнаженных районах очень большое значение, особенно при работе в областях развития ледниковых и аллювиальных отложений. Здесь изучение рельефа поверхности, даже при очень небольшом числе обнажений, нередко позволяет достаточно точно определить возраст, литологический состав и генезис пород, слагающих тот или иной участок изучаемой площади.

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ГОРНО-ТАЕЖНЫХ РАЙОНОВ

Таежные, т. е. залесенные, горные районы Сибири и аналогичные ландшафты других районов СССР требуют от геолога особых навыков в работе и некоторых видоизменений в методике геологической съемки. Геолог, входя в лес, лишается возможности в полной мере использовать топографическую карту для ориентировки. Окружающий лес, особенно густой низкий подлесок, сужает кругозор и скрывает от взора удаленные предметы, которые могли бы служить ориентирами. Видимость ограничивается несколькими десятками и редко сотнями метров, так что даже в относительно узких долинах нередко трудно просматривается противоположный склон. Отсюда вытекает основное правило — не выпускать из рук компаса. Визуальная ориентировка в лесу не обеспечивает требуемой для геологических карт масштаба 1 : 200 000 и тем более 1 : 50 000 точности нанесения границ, а поэтому геолог часто бывает принужден в целях привязки наблюдений непрерывно проводить глазомерную съемку маршрута, несмотря на наличие топографической основы.

Вторая особенность горно-таежных пространств — широкое развитие делювиально-элювиального покрова, из-под которого коренные породы обнажаются лишь местами: либо на водоразделах, либо, наоборот, в самом низу долин. Геолог должен установить, где в данном районе чаще всего встречаются обнажения (на водоразделах или внизу долин), и в соответствии с этим выбирать свои маршруты, время от времени проверяя правильность сделанного выбора. В некоторых районах элювиальный и делювиальный чехлы целиком покрывают всю поверхность горной тайги и геологу в своих наблюдениях приходится довольствоваться сбором образцов из-под корней упавших деревьев. Это нелегкая работа, но тем не менее она дает некоторые результаты, если тщательно наносить «по высыпкам» на карту границы площадей распространения различных пород. По направлению этих границ можно судить о простирании складок, о взаимоотношениях различных геологических образований и т. д. Суждения и выводы, основанные на таких косвенных данных, не всегда надежны, и к ним следует относиться весьма осмотрительно.

Съемку плохо обнаженных районов нельзя поручать малоопытному геологу: правильно восстановить геологическое строение местности по скудному материалу может только исследователь, вполне владеющий методами геологической съемки, который может здраво и без увлечений оценить материал своих наблюдений. Как показал опыт, нанесение геологических границ на основании находок делювиальных и элювиальных обломков дает более или менее удовлетворительный результат для карт масштаба 1 : 200 000, но этих данных совершенно недостаточно при съемке в масштабе 1 : 50 000. В этих случаях приходится прибегать к горным, а иногда и буровым работам.

Вопросы применения аэрометодов для геологической съемки горно-таежных районов пока мало разработаны. Здесь возникают особые трудности: геологическое строение местности, и без того слабо просвечивающее сквозь наносы, дополнительно маскируется лесным покровом. Геологическая расшифровка снимков в этих условиях затруднительна. Однако аэрофотоснимки полезны и в данном случае: они помогают геологу в изучении геоморфологических особенностей местности, в поисках среди тайги наиболее крупных обнажений, отдельных скал; по ним местами удается определить положение геологических границ, если последние резко подчеркнуты какими-либо геоморфологическими особенностями. Топографическая карта, сделанная на основе аэрофотосъемки, более точна и более детальна, чем карта, выполненная обычными наземными методами, что, естественно, повышает точность и геологической карты. Использование фотопланов и контактных отпечатков значительно

повышает точность привязки геологических наблюдений, дает материал для оконтуривания террас, аллювиальных отложений и т. п. Перед началом работ очень полезно облететь на самолете местность с целью общей ориентировки.

Наконец, следует остановиться на особенностях организации геологической съемки горно-таежных районов. Горно-таежные районы представляют собой слабо населенные, труднодоступные местности, почти лишенные дорог, а иногда даже троп. Отсюда вытекает необходимость хорошо продумать детали организации предстоящих исследований, обеспечить партию достаточным количеством рабочих. Последние потребуются не только для обычных при геологических исследованиях работ, но и для прорубки просек при прохождении партии через тайгу. Важно заблаговременно, еще зимой, забросить на место предстоящих работ все необходимое снаряжение и продовольствие и создать в районе несколько баз, из которых летом будут производиться пешие маршруты. Расстановка этих баз должна быть строго продумана, и зимние заброски должны быть поручены одному из будущих участников исследований, хорошо знакомому с условиями таежной жизни и работы.

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ПУСТЫННЫХ И ПОЛУПУСТЫННЫХ РАЙОНОВ

Вследствие слабого развития или полного отсутствия почвенно-растительного покрова и значительной роли явлений физического выветривания и дефляции, нередко даже при незначительных колебаниях высот в пустынных и полупустынных районах можно наблюдать прекрасную, а иногда почти сплошную обнаженность. Такие условия позволяют шаг за шагом проследивать по простиранию геологические впадины.

Однако наряду с хорошо обнаженными участками встречаются большие площади, скрытые под эоловыми песками, солончаками или под аллювиальными равнинами, образовавшимися обычно при физико-географических условиях, отличающихся от современных. Характерной особенностью пустынных территорий является резко выраженная зависимость форм рельефа от геологического строения, что обусловлено явлениями селективного выветривания при полном или почти полном отсутствии эрозийной деятельности постоянных водных потоков. Это обстоятельство позволяет широко использовать для геологической съемки данные геоморфологических наблюдений. Те же факторы (хорошая обнаженность и тесная связь форм рельефа с геологическим строением) делают для пустынных районов особенно ценными наблюдения с самолета и использование материалов аэрофотосъемки. Аэровизуальные наблюдения и изучение контактных отпечатков аэрофотоснимков ускоряют и уточняют геологическое картирование, позволяют обнаруживать изолированные выходы коренных пород среди площади развития четвертичных отложений, оконтуривать по геоморфологическим признакам площади различных типов четвертичных отложений и т. д. Однако и при таком методе основная роль при решении геологических вопросов (изучение разрезов, характера контактов, фаций, элементов тектоники) остается за наземными наблюдениями, а по мере перехода к более детальным исследованиям их значение все более возрастает.

При съемке масштаба 1 : 200 000 в пустынных областях наряду с наземным исследованием большое значение имеет применение аэрометодов (главным образом дешифровки аэроснимков). В начале исследований с самолета производится осмотр местности с целью общего ознакомления с площадью, подлежащей геологическому картированию, выбора наиболее целесообразных наземных маршрутов, выявления особо важных для понимания геологического строения участков, подлежащих более детальному изучению, и обнаружения отдельных выходов корен-

ных пород среди площади развития четвертичных образований. В конце исследований желателен повторный осмотр площади с самолета для проверки результатов съемки.

Большую роль при геологическом картировании в масштабе 1 : 200 000 играют геоморфологические наблюдения, необходимые как в участках, сложенных коренными породами, так и особенно в участках развития четвертичных образований.

При описании геологических разрезов необходимо особое внимание обращать на наличие глинистого элювиально-делювиального чехла на пологих склонах, образующегося за счет рыхлых песчано-глинистых отложений. Такой чехол, достигающий иногда мощности 1 м и более, скрывает под собой коренные породы. Для получения истинного представления о последних необходимо выбрать более крутые склоны, где неизменная коренная порода или непосредственно обнажается, или может быть легко вскрыта геологическим молотком. Невнимание к этому явлению приводит к описанию в разрезах мощных глинистых толщ, которые в действительности представляют собой всего лишь маломощный элювиально-делювиальный покров.

Земляные работы при съемке масштаба 1 : 200 000 в пустынных условиях, как правило, не нужны, так как коренные породы здесь обычно хорошо обнажены, а четвертичные отложения, вследствие значительной мощности, большей частью не могут быть пройдены шурфами или канавами.

При съемке масштаба 1 : 50 000 применение самолета необходимо прежде всего для предварительного осмотра площади с воздуха с целью выяснения общей картины геологического строения и геоморфологических особенностей исследуемой территории. При съемке указанного масштаба особенно важно использование аэрофотоснимков, которые позволяют значительно точнее проводить геологические границы. Большую роль аэрофотоснимки могут играть при выяснении деталей тектоники, которые во многих случаях очень хорошо отражаются на контактных отпечатках.

Земляные работы обычно ненужны и при съемке в масштабе 1 : 50 000 районов, сложенных коренными породами; к ним необходимо прибегать для детального изучения горизонтов и контактов, контролирующих залежи полезных ископаемых. Кроме того, они могут оказаться необходимыми для вскрытия коренных пород в участках с более сглаженным рельефом, где толщина поверхностных образований может быть значительной.

Итак, основной особенностью геологической съемки пустынных и полупустынных территорий как в масштабе 1 : 200 000, так и в масштабе 1 : 50 000 является необходимость широкого применения аэрометодов, без которых геологическая съемка пустынь мало эффективна.

## ТЕХНИКА ПОЛЕВОЙ РАБОТЫ

**Изучение и описание обнажений.** Первоочередная задача геолога при геологической съемке — это изучение стратиграфии и составление нормального разреза. Для изучения и составления нормального разреза надлежит начинать с районов, где можно встретить наиболее полные и хорошие обнажения.

Прежде чем приступить к систематическим полевым наблюдениям, рекомендуется пересечь несколькими обзорными маршрутами всю площадь предстоящих исследований или произвести аэровизуальные наблюдения для общего ознакомления с районом. В том случае, если район в прошлом был мало обследован, подобный обзор обязателен.

При изучении обнажения геолог обязан:

1. Точно указать его положение на карте, обозначив точкой с номером. Сделать соответствующее описание обнажения в полевой книжке, проставив его номер перед описанием.

Указать размер и тип обнажения (промоина, подмыв, обрывистый склон, скалы, высыпка, стенка карьера, закопушка, шурф и т. п.), характер обнаженности и положение обнажения в рельефе (обрыв речной террасы, основание склона, середина склона, вершина холма, водораздела и т. д.).

При изучении четвертичных и горизонтально лежащих отложений необходимо также определение абсолютных высот данного обнажения или точки. Для иллюстрации составляется схематический профиль, на котором показывается обнажение.

В случае горизонтально залегающих пластов определяется высота подошвы и бровки обнажения над уровнем реки, поймы, тальвегом балки (глазомерно или с помощью анероида), а также, если возможно, превышение бровки склона над бровкой обнажения. Это позволяет установить, какая часть склона обнажена и какая часть разреза остается скрытой.

2. Дать необходимые для данного случая зарисовки или фотоснимки.

3. Собрать образцы пород, характеризующие полезные ископаемые, образцы для лабораторных испытаний и петрографических и палеонтологических исследований.

4. Вследствие того что элементы залегания пород входят во все построения для составления разрезов, определения мощностей, глубин проектируемых скважин, составления карт подземного рельефа и т. д., их замеры должны быть сделаны обязательно на каждом отдельном обнажении с возможной точностью и нанесены на карту.

Элементы залегания определяются азимутом падения от 0 до 360° и углом падения (например, аз. пад. СЗ 325°,  $\angle$  45°). При невозможности точно измерить падение, его указывают приблизительно (пад. СЗ,  $\angle$  10—20° или пад. к С, крутое). При вертикальных падениях записывается простирание.

Определять элементы залегания прикладыванием компаса к плоскости напластования можно только при полной уверенности, что выбранная поверхность соответствует общему напластованию. Следует, по возможности, производить замеры залегания на большой поверхности, получая таким образом данные для соответствующих построений (по двум пересекающимся видимым наклонам пласта, по трем высотным точкам).

В породах с развитым кливажем необходимо строго различать слоистость и сланцеватость; падение последней тоже замеряется. При развитой сланцеватости следует измерять залегание пластов (слоистость) только по прослойкам иного состава или цвета, чем вмещающие породы.

Надо избегать определений залегания на глаз, с расстояния, а также на заплывших склонах, где можно предполагать сползание и смещение пластов. В тех случаях, когда подобные определения все же производятся, необходимо непременно отмечать, при каких условиях они сделаны. Необходимо также при замерах залегания учитывать возможность запрокидывания пластов вниз по склонам. Случаи опрокинутого залегания следует отмечать особо.

В районах спокойного залегания слоев редко приходится прибегать к горному компасу, так как слои или лежат совершенно горизонтально, или имеют настолько слабый наклон, что он почти не улавливается глазом. Элементы залегания в таких случаях определяются на основании высотных отметок контактов, полученных в разных пунктах путем инструментальной или барометрической нивелировки.

Однако в ряде случаев и в районах спокойного залегания (например, в Поволжье, на Украине) встречаются отдельные участки резко дислоцированных пластов. Часть этих дислокаций имеет тектоническое происхождение, в других же случаях эти нарушения не связаны с тектоникой (современные и древние, снивелированные оползни и обвалы, карстовые провалы и просадки, морены напора и т. д.). Все эти резкие нарушения изучаются теми же методами, как и в складчатых областях. Вследствие изолированности, отрывочности и небольших размеров разрезов изучение резких нарушений в районах с равнинным рельефом нередко бывает очень затруднительно, поэтому участки подобных нарушений необходимо исследовать особенно тщательно. Необходимо стремиться в поле уяснить характер и причины возникновения таких нарушений, прослеживая их в различных направлениях, устанавливая связь с рельефом, оползнями, ледниковыми образованиями и т. д.

5. Достоверность замера элементов залегания должна оцениваться записью в самых кратких словах (например: «возможен оползень», «гривка на задернованном склоне», «не вполне надежен» и т. д.). При этом, кроме указанной уже возможности спутать кливаж и слоистость, надо принимать во внимание оползни, поверхностные изгибы слоев на склонах, возможность замера в смещенном блоке на задернованном склоне и т. д.

Определение элементов залегания производится в случайной точке, поэтому надо отдавать себе отчет, в какой части складки определение произведено. Необходимо принять во внимание характер складки, возможность наличия гофрировки ее крыльев и т. д. Все эти моменты чрезвычайно важно отмечать в полевой книжке, указывая также положение точки наблюдения относительно главных тектонических элементов.

6. Довольно часто при работе в районах с резким изменением залегания нет возможности нанести на карту все произведенные замеры. В таком случае используются лишь те замеры, которые помогают чтению карты, остальные опускаются как характеризующие слишком мелкие для данного масштаба нарушения.

**Полевая книжка.** Все записи и зарисовки должны быть сделаны так, чтобы в них мог свободно разобратся любой геолог, а не только автор и сотрудники партии.

1. В полевые книжки геолог заносит все полевые наблюдения, описания разрезов, опросные сведения, измерения и определения, а также сводки наблюдений, периодически составляемые геологом. Весьма важно, кроме регистрации и описания отдельных пунктов или обнажений, давать характеристику некоторой части района в целом, например описание долины, водораздельного пространства, тектонического участка или зоны и т. д. Это сэкономит время при камеральной обработке материала и вместе с тем заставит продумывать и осмысливать наблюдаемый материал на месте работ и дополнять его в случае обнаружения пропусков или неясностей. Записи в полевых книжках надо вести четко и аккуратно, с наибольшей полнотой.

2. Полевая книжка может быть двух родов: пикетажная книжка с миллиметровой сетчатой бумагой, в матерчатом переплете с клапаном на внутренней стороне обложки и с матерчатой оберткой для карандаша, или такая же книжка с белой разлинованной бумагой.

3. На первой странице книжки должны быть указаны: название учреждения и его адрес; имя, отчество и фамилия геолога; год и район исследования; номер полевой книжки или дневника.

4. Записи ведутся по числам месяца с общим обозначением места работы в данный день. Записи ведутся полностью на месте наблюдений графитовым черным карандашом средней твердости.

5. Все записи следует делать на одной странице, оставляя вторую для чертежей, рисунков, специальных пометок, а также для последую-

щих определений пород, ископаемых и т. д. Сокращение слов и условные знаки допускаются при условии их объяснения.

6. Описание точек наблюдений (обнажение, родник, терраса и т. п.) ведется по порядковым номерам точек на карте. В случае невозможности точного определения пункта на карте приводится географическое определение местоположения точки с указанием расстояния и направления от имеющегося на карте ближайшего географического пункта; в крайнем случае можно ограничиться и указанием двух координат.

Кроме того, в этом случае на левой странице полевой книжки набрасывается эскизный план участка наблюдений в достаточно крупном масштабе; на него наносится схема маршрута и проставляются точки наблюдений с порядковыми номерами, соответствующими номерам описаний в полевой книжке.

Образцы пород обозначаются тем же номером, что и обнажение. В том случае, если из одного обнажения взято несколько образцов, к номеру добавляются буквы в алфавитном порядке. Особая нумерация ведется лишь для барометрических точек, причем номера последних можно заключить в треугольник, а первых — в квадрат или круг.

7. Описание разрезов производится сверху вниз или снизу вверх с обязательным обозначением порядка. Должны быть, по возможности, приведены истинные мощности отдельных пластов, горизонтов, свит.

8. Все измерения даются в метрической системе.

9. Записи наблюдений должно всегда весьма резко отделять от записей предположений, соображений и выводов исследователя, как бы очевидны они ни казались.

10. Полевые книжки иллюстрируются разрезами обнажений, схемами и эскизными набросками, с указанием их ориентировки и масштаба или размеров.

Желательно настойчиво развивать у себя навыки к зарисовкам выходов и геологически важных видов местности. При достаточной практике быстро развивается способность схватывать главное и повышается тщательность зарисовок. Систематические зарисовки с природы особенно ценны при геологической съемке масштаба 1:50 000 и при работе в горах.

11. В конце книжки следует выделить несколько страниц (фотодневник), куда в последовательном порядке записывается каждый снимок с указанием номера обнажения, месяца и дня съемки, содержания снимка, а также направления, в котором дается снимок.

Если на снимке или составной панораме имеются важные подробности, например отдельные вершины на горизонте, границы различных слоев, включения одних пород в другие и т. п., то необходимо в дневнике сделать схематическую зарисовку с пояснительными надписями для того, чтобы при камеральной обработке отметить эти подробности и на снимке.

12. В конце дня в полевой книжке делается сводка всех дневных наблюдений с изложением главнейших выводов и соображений; при этом не следует стесняться тем, что впоследствии они могут быть изменены.

**Полевая геологическая карта.** Геологическая карта составляется в двух экземплярах: в черновом — разрезанном и наклеенном на материю и в чистовом — неразрезанном. Первый заполняют в поле карандашом, который по вечерам обводят несмываемой тушью, второй вычерчивают по первому как чистовую копию.

При детальной съемке, в тех случаях, когда в результате вечерней сводки будут обнаружены неясности на полевой карте, эти места следует оставлять незаполненными впредь до их выяснения.

На обеих картах черная тушь применяется для номеров обнажений, стрелок падения и других обозначений, красный цвет — для линий разрывов, остальные цвета — для различных опорных горизонтов, протяги-

ваемых на карте. Площади распространения свит, ярусов или горизонтов раскрашивают цветными карандашами.

Цвета туши и красок на обоих экземплярах должны быть одинаковые; на лицевой или оборотной стороне каждого экземпляра дается легенда обозначений, принятая для данного планшета.

На карту наносятся пункты наблюдений с номерами обнажений, элементы залегания, контакты видимые и предполагаемые, как стратиграфические, так и тектонические (в последнем случае со стрелками падения сместителей), и места нахождения полезных ископаемых или их отработки и разведки, а также все признаки рудной минерализации. При загруженности основного экземпляра полевой карты номера точек, источников, буровых скважин, барометрических точек, маршруты, обозначения размыва, оползней и тому подобных явлений заносятся на особые экземпляры полевой карты. Особо тщательно прослеживаются (для карт масштаба 1:50 000 обязательно по простиранию) и наносятся на карту свиты, несущие полезные ископаемые, ореолы гидротермальных изменений и другие явления, могущие служить поисковыми признаками. Кроме того, отмечаются условными значками отдельные выходы или месторождения полезных ископаемых и места их разработок, как действующих, так и заброшенных.

Нумерация обнажений ведется одна для одного планшета или для серии планшетов, независимо от числа съемщиков и от того, сколько лет продолжается работа; другими словами, ни один номер обнажения не должен повторяться на одном планшете.

Полевые карты вечером закрепляются тушью только в пределах фактически проведенной работы. На чистовой экземпляр переносятся работы всех участников партии.

**Сбор и документация петрографического, минералогического и палеонтологического материала.**

1. Образцы пород следует отбирать таким образом, чтобы они наиболее полно характеризовали типичные свойства каждой породы и чтобы в коллекции были представлены все разновидности пород района. Из больших обнажений, хорошо раскрывающих данную свиту пород, необходимо брать образцы послойно.

Особенно тщательно надо собирать образцы, характеризующие полезные ископаемые, геологические контакты, явления перерывов, тектонические нарушения, микроскладчатость или плейчатость, зеркала трения, брекчии дислокационные, а также все включения, вкрапления, конкреции, друзы, жеоды, жильные образования и т. п. Предусматривается достаточное количество материала для определения его методом паяльной трубки или, при наличии ценных или интересных в научном отношении образцов, для химического анализа и оптических исследований. Обращается особое внимание на сбор кристаллов. Непременно должны быть собраны образцы всех встреченных полезных ископаемых и минеральных строительных материалов, минеральных и пресных вод из главных источников, ранее не анализированных.

При обнаружении признаков полезных ископаемых или образцов с рудной вкрапленностью геолог обязан тщательно исследовать местность и собрать дополнительные образцы для наиболее полной характеристики наблюдаемых минеральных проявлений.

2. Сбор и регистрация палеонтологического материала должны производиться послойно. В записной книжке следует отмечать, в каком виде (целые, хорошо сохранившиеся ядра, неокатанные или окатанные обломки и т. д.) и где именно залегали и были взяты ископаемые (в какой части слоя, в массе породы, в конкрециях), были ли они в гряде или разбросаны в породе.

Палеонтологические сборы, особенно в неизученных местностях и из отложений, возраст которых неизвестен, требуют большой затраты вре-

мени и труда, так как только обильные сборы фауны могут привести к точному определению возраста. Особенно настойчивые поиски окаменелостей обязательны при изучении отложений, кажущихся немymi.

Окаменелости на месте не выбиваются начисто. Крупные образцы пород с окаменелостями берутся лишь в том случае, если порода ими переполнена.

Растительные отпечатки берутся как позитивные, так и негативные; при упаковке их прокладывают ватой или бумагой. Остатки позвоночных (если кости хрупки) требуют предварительной заливки в гипс или хотя бы в глину с резаной соломой. Расположение костей в породе зарисовывается.

Если образцы взяты из осыпи и не могут быть приурочены к определенному горизонту, то это должно быть указано словом «осыпь» как в книжке, так и на этикетке. Точно так же, если образец, особенно с полезным ископаемым или фауной, взят из валуна, хотя бы приуроченного к определенному горизонту, то это должно быть указано словами «из валуна».

3. Образцы пород для микроскопического определения должны отбиваться по возможности глубже от пояса выветривания («свежие»).

Изучаемый массив изверженных пород должен быть представлен образцами как из центральных, так и из периферических частей. Особенно полно требуется представить контактовые зоны, хотя бы видимых изменений в них и не было.

4. Основные образцы пород, предназначаемые для выставочных коллекций, должны иметь размеры  $9 \times 12$  см; временные образцы, нужные только в период обработки, могут быть и значительно меньших размеров. Размер образцов, иллюстрирующих характер руд или отдельные геологические явления (микроскладчатость, плейчатость, выветривание, кливаж и др.), не ограничен.

Кроме основных образцов, надлежит брать для приготовления шлифов небольшие осколки, размером  $3 \times 3$  см (из сланцеватых пород образцы для шлифов должны быть не тоньше 2 см). Эти осколки надлежит брать от наиболее свежей части породы, от которой был взят основной образец. На экземпляре должна быть наклеена маленькая этикетка с номером основного образца.

Рыхлые породы (пески, глины, суглинки, лёсс и пр.) помещают в плотные нумерованные мешочки или тщательно упаковывают в прочную бумагу и хорошо завязывают. Упаковка должна быть такова, чтобы хорошо сохранялась структура. Хрупкие палеонтологические объекты упаковывают в вату, коробочки; очень мелкие отбирают в пробирки. Разрушающиеся образцы предварительно пропитывают политурой или шеллаком и т. п.

5. Каждый образец должен иметь этикетку.

Форма этикетки для всех образцов должна быть однообразной, печатной; лучше всего применять чековые этикетные книжки с отрывающимися листочками.

На этикетке должно быть дано: 1) наименование учреждения; 2) наименование партии (можно заказать штамп); 3) местонахождение образца (лист или район и место); 4) номер образца (крупно и ясно); 5) буквенное обозначение слоя; если образец взят не из коренного залегания, на этикетке отмечается обязательно: «из осыпи», «из отвала», «в русле» и т. д.; 6) фамилия и инициалы исследователя; 7) год, месяц, число взятия образца; 8) полевое определение породы.

Этикетку, прилагаемую к образцу, складывают несколько раз и аккуратно завертывают в угол оберточной бумаги, в которую заворачивается образец. Во избежание истирания этикетка никоим образом не должна касаться породы. Если образец упаковывается в мешочек, этикетку вкладывают в него, предварительно завернув ее в бумагу.

Образцы в поле кладут в заранее пронумерованные мешочки. Проверка дневного сбора, окончательная этикетировка образцов, завертывание в бумагу и упаковка производятся вечером этого же дня в лагере или на полевой базе.

На корешке этикетки, остающемся в чековой книжке, полезно оставлять копию написанного на этикетке.

Номера взятых образцов следует обязательно записывать в полевую книжку рядом с описанием соответствующего слоя или породы, причем, в отличие от других номеров (обнажений, ключей и т. п.), их обозначают особым значком (например, заключают в круг).

**Распределение работ в поле и в лагере.** Геолог ведет описание обнажения, делает замеры, производит зарисовки и наносит на карту номер обнажения и другие полевые данные. Коллектор берет по указанию геолога образцы, расчищает отдельные участки обнажения, собирает фауну, этикетировывает и укладывает образцы в мешочки, фотографирует или помогает при фотографировании и выполняет другую подсобную работу.

Прораб проводит по поручению начальника партии отдельные добавочные маршруты или наблюдения.

Вечером в лагере начальник партии принимает материал от работавших самостоятельно прорабов (если таковые работы производились), переносит их данные в свой дневник и на свою карту. Данные на полевых картах обводятся тушью, геологическая карта перечерчивается на чистой экземпляр, приводятся в порядок записи в полевой книжке, причем все выводы и заключения, являющиеся итогом проведенных днем работ, обязательно должны быть отделены от записей фактических наблюдений. Коллектор вычерчивает глазомерную съемку (если она была), пишет этикетки и заворачивает образцы (собранные в поле в мешочки), приводит в порядок барометрические наблюдения (если они ведутся) и вычисляет данные барометрической нивелировки обнажений и других важных пунктов, для чего заводится особая тетрадь. Вечером же освобождают окаменелости от излишней пустой породы, производят полевые определения минералов с помощью паяльной трубки и предварительное определение шлихов, пересчитывают измерения мощностей и вычерчивают колонки для применения их при полевой работе, составляют разрезы.

Продолжительность дневной работы в поле должна быть такой, чтобы вечером хватило времени для подведения всех итогов наблюдений за день. Через определенные промежутки устраиваются дневки для окончательного приведения материала в порядок, упаковки образцов и тому подобных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Апродов В. А. Геологическое картирование. Гостеолиздат, 1952.  
Вебер В. Н. Методы геологической съемки (полевая геология). ОНТИ, 1937.  
Вебер В. Н. Полевая геология (для геолого-разведочных техникумов). ОНТИ, 1937.  
Гринли Э. и Вильямс Х. Методы геологической съемки. Пер. с англ. под ред. С. В. Милановского. Горгеонефтеиздат, 1933.  
Методы и организация общей комплексной геологической съемки. Бригада ЦНИГРИ. Под ред. И. И. Никшича. ГОНТИ, 1938.  
Обручев В. А. Полевая геология. Т. I и II. Гос. горное научн.-техн. изд-во, 1932.  
Разумовский Н. К. Спутник геолога. Справочные указания и таблицы для расчетов при геологическом картировании. Георазведиздат, 1932.  
Спутник полевого геолога-нефтяника. Под ред. Н. Б. Вассоевича. Гостоптехиздат, 1952.

## ГЛАВА IV

### СЪЕМКА ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ

#### УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Значительная часть территории Советского Союза принадлежит к платформенным областям. Платформенные области сложены осадочными и иногда вулканогенными (траппы Сибирской платформы) породами различной мощности, в основании которых залегает фундамент, состоящий из сильно складчатых кристаллических и метаморфических древних пород.

Для платформенных областей характерно развитие своеобразных формаций — красноцветных, соленосных, угленосных, карбонатных и др., в типичном виде отсутствующих в геосинклинальных областях.

В отличие от складчатых областей, на платформах комплекс осадочных пород залегает в общем весьма спокойно. Отдельные нарушения в залегании слоев, возникшие в результате небольших по размерам вертикальных поднятий, обычно представляют собой валы или зоны пологих антиклинальных поднятий, протягивающиеся иногда на несколько сот километров, или куполовидные брахиантиклинальные складки, вытянутые в соответствии с общим простиранием антиклинальной зоны. Для платформенных складок характерны местное развитие мелкой складчатости и трещиноватость пород.

Дизъюнктивные дислокации встречаются сравнительно редко. Обычно это сбросы и взбросы небольшой амплитуды. Исключение составляют соляные структуры. Последние представлены куполовидными или брахиантиклинальными складками, ядро которых сложено цилиндрическими соляными штоками, прорывающими снизу толщу осадочных пород, или крупными круто залегающими линзами каменной соли, приподнимающимися вверх лежащие на них осадочные породы.

Соляная структура характеризуется сильным развитием сбросов и взбросов, секущих складку в продольном и поперечном направлениях, т. е. радиально относительно свода, и наклоненных под различными, иногда весьма крутыми углами.

С платформенными областями связаны многочисленные полезные ископаемые пластового характера (уголь, нефть, природный газ, соль, бокситы, железные, марганцевые и некоторые другие руды), поисковые признаки и условия залегания которых неразрывно связаны с геологическими структурами, характером фаций и распределением мощностей осадков. В силу этого при геологическом изучении платформенных областей, направленном прежде всего на поиски различных полезных ископаемых, необходимо обращать внимание именно на перечисленные особенности геологического строения этих областей. Поскольку геологическая карта обычного типа не дает точного представления о форме залегания

пород в условиях платформенных структур, для платформенных областей применяется метод съемки, несколько отличающийся от обычного.

Основной метод изучения в этом случае — структурная съемка, заключающаяся в построении структурных карт. Структурная карта изображает форму залегания какого-либо одного характерного горизонта, называемого опорным или маркирующим, условия залегания которого должны быть типичными для изучаемой площади. Структурная карта строится с помощью так называемых стратоизогипс, т. е. линий равных глубин залегания опорного горизонта. Карта подобного типа будет выражать его подземный рельеф. Изображение различных структурных форм в стратоизогипсах дано на рис. 1.

Тектонические нарушения на структурной карте изображаются весьма четко. Условным обозначением нарушения является линия, представляющая след от пересечения плоскости нарушения плоскостью пласта. Вертикальный сброс изображается на карте прямой линией, к которой будут подходить с обеих сторон изогипсы с разными отметками, причем вертикальная амплитуда сброса определится из разности отметок стратоизогипс в какой-либо точке на линии нарушения.

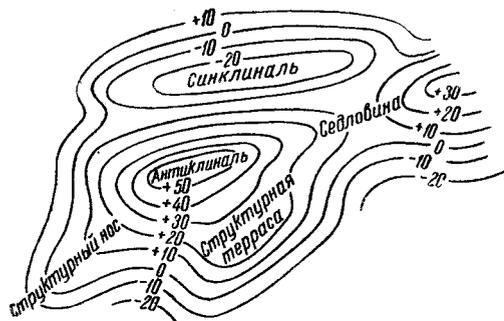


Рис. 1. Изображение различных структурных форм на структурной карте

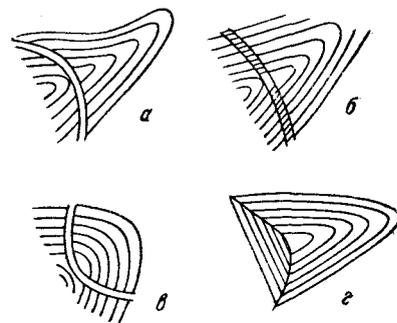


Рис. 2. Изображение дизъюнктивных нарушений на структурной карте  
а, б — сброс; б — взброс; в — поверхность сбрасывателя в горизонталях

Сброс с наклонным сбрасывателем представляет собой разрыв пласта, смещенного не только в вертикальной плоскости, но и в горизонтальном направлении. На структурной карте такое нарушение должно иметь вид узкой «белой» полосы (рис. 2, а и в).

Противоположная картина наблюдается для взброса или надвига. Здесь, наоборот, на структурной карте будет не «белая» полоса, а полоса, на которую заходят изогипсы как надвинутой, так и поднадвинутой части пласта; другими словами, на этой полосе должно быть показано удвоение изогипс (рис. 2, б).

Структурные карты имеют широкое применение в нефтяной и угольной геологии, являясь основным методом изображения структур месторождений. Помимо того, метод структурных карт используется для изображения формы: 1) эрозионных поверхностей, например древнего рельефа, поверхностей несогласий и кристаллических массивов; 2) погребенных структур, например рифовых массивов; 3) залежей полезных ископаемых, например пластов угля, нефтяных и газовых залежей, водоносных горизонтов, соляных штоков и т. д.

Структурные карты строятся на основании:

1) изучения обнажений характерных пластов и определения их высотных отметок; этот метод носит название структурно-геологической съемки, так как, помимо структурной съемки, здесь одновременно ведется и геологическая;

2) бурения специальных структурных скважин; структурная карта при этом строится по пласту, залегающему на какой-либо глубине и не выходящему на поверхность;

3) детальных геофизических исследований; структурная карта в этом случае строится на основании изучения изменений различных физических свойств пластов (плотности, электропроводности, упругости, магнитной восприимчивости и др.); такая карта отражает условия залегания физически однородной толщи пластов.

Структурно-геологическая съемка разделяется на два вида — региональную (в масштабе 1 : 200 000 — 1 : 100 000) и детальную (в масштабе 1 : 50 000 — 1 : 25 000).

В результате региональной съемки выявляются крупные структурные элементы платформы — зоны дислокаций, крупные впадины и др. Детальная съемка ведется с целью подробного изучения структур и для подготовки площади к поискам полезного ископаемого. При большой мощности наносов она сопровождается различными горными выработками. В тех случаях, когда основной интерес представляют глубоко залегающие пласты, структурная съемка ведется с помощью колонкового бурения (станками типа КАМ-500). Такая съемка часто носит название структурной разведки.

Основной процесс структурно-геологической съемки в поле заключается в поисках и изучении обнажений с маркирующими горизонтами, нанесении их на топографическую карту и определении высотных отметок горизонтов.

В зависимости от вида съемки работы производятся различными способами. При региональных съемках маршруты располагаются по речным системам, бортам древних долин, водоразделах и другим эрозионным формам, т. е. местам возможного развития обнажений. Привязка пунктов наблюдения производится полуинструментальным путем, т. е. с помощью буссоли или горного компаса, а для высотной привязки — барометра.

При детальных съемках площадь покрывается частыми маршрутами с целью тщательного изучения всей поверхности района. Нанесение обнажений опорных горизонтов на топографическую карту и определение их высотных отметок в этом случае производятся с помощью кипрегеля, который позволяет одновременно определять и местонахождение, и высотные отметки картируемых пластов.

## МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### ИЗУЧЕНИЕ ОБНАЖЕНИЙ

Основным объектом изучения при структурно-геологической съемке является обнажение, характер исследования которого остается в общем таким же, как и при обычной геологической съемке.

Дополнительно проводится более подробное послойное изучение обнажения с целью выделения опорных горизонтов и установления деталей тектоники.

Опорный горизонт выделяется на основании данных, полученных при изучении обнажений, наиболее полно характеризующих разрез района. Первоначально выделяется несколько опорных горизонтов, из которых позднее выбираются один или два наиболее характерных и вскрываемых в наибольшем числе обнажений.

Опорным горизонтом может быть пласт, отличающийся от вмещающей толщи либо своим литологическим составом (например, пласт известняка или мергеля в толще песчано-глинистых пород, пласт глины в толще известняков), либо структурой (галечник среди песков, оолитовый известняк среди плотных известняков), либо включениями; пласт,

имеющий характерный минералогический состав (фосфоритоносный или глауконитовый песчаник) или охарактеризованный фауной, также может служить опорным горизонтом.

Кроме того, за опорный горизонт может быть принят контакт двух толщ, резко различных по литологии, или контакт, поверхность которого чем-нибудь характерна, например несет на себе знаки ряби, волноприбойные знаки, отпечатки капель дождя, плавающих предметов, включения переотложенных пород и т. д. Особенности опорного горизонта должны быть выдержаны по всей площади съемки.

Структурную съемку в зоне саратовских дислокаций проводят, например, по различным горизонтам мела: по «губковому» слою, представляющему собой известковый песчаник в подошве сантона, переполненный отпечатками губок; по фосфоритоносному конгломерату в подошве неокома и т. д.

Если съемка ведется по нескольким опорным горизонтам, то необходимо пересчитать глубины всех горизонтов на один основной, по которому будет строиться структурная карта (см. ниже). В нефтяной промышленности в настоящее время при структурной съемке с успехом применяют бурение (передвижными станками) скважин глубиной до 50 м с выделением опорных горизонтов по данным детальных электрокаротажных измерений.

Изучение мелкой складчатости и трещиноватости позволяет в поле ориентировочно определить направление простирания и местонахождение более крупных складок: мелкие складки всегда располагаются на крыльях более крупной складки, на ее периферии, как бы оконтуривая складку. Изучение мелких складок состоит в измерении элементов залегания отдельных их частей, определении их размеров и зарисовке их.

Основное внимание при этом должно быть обращено на точный замер простирания складок (осей). Результаты замера должны быть показаны, помимо полевой книжки, и на карте.

Полевое изучение трещиноватости пород в основном состоит в измерении простирания плоскостей трещин, а также в установлении их морфологии. Для правильной интерпретации трещиноватости необходимо производить на каждом обнажении несколько десятков замеров.

Геологу не следует ограничивать свои наблюдения только изучением обнажений и горных выработок. Самые разнообразны явления на земной поверхности могут быть так или иначе связаны с геологическим строением, и исследователь должен максимально использовать их в своей работе.

Например, изучение особенностей форм рельефа дает возможность судить о местах развития тех или иных пород. Известно, что плотные крепкие породы разрушаются медленнее других пород и поэтому слагают обычно положительные формы рельефа. Подобные наблюдения часто дают возможность предсказать места выходов опорных горизонтов и помогают при построении геологической карты.

Хорошо известна связь форм рельефа с тектоникой. Полого залегающие пласты образуют обыкновенно плоские, а крутые — наоборот, резкие формы рельефа, вытянутые по простиранию, и т. д.

Наиболее характерна связь рельефа с тектоникой для молодых или растущих в настоящее время структур. Так, для многих структур Русской платформы характерны направление речных долин, которые как бы обходят, огибают структуры, а также расположение сети оврагов, верховья которых, как правило, приурочиваются к сводовой части структур. Ряд таких наблюдений дает возможность судить о тектоническом строении района.

Помимо рельефа, некоторые указания на отдельные элементы геологического строения могут дать характер растительности и почвы, а также водоносность пород.

Успех региональной структурно-геологической съемки зависит главным образом:

- 1) от правильности выбора маршрутов и количества обнажений опорных горизонтов (не менее 1,5—2 на каждые 10 км<sup>2</sup>);
- 2) от детальности расчленения разреза и точности установления в разрезе опорных горизонтов;
- 3) от точности определения высотных отметок опорных горизонтов.

Наиболее просто планировать маршруты при наличии крупномасштабных карт (1 : 100 000 и крупнее) или аэроснимков. В этом случае маршруты намечают, исходя из рельефа местности. Желательно, кроме того, организовать осмотр района с самолета. Осмотр производится с высоты до 200 м. Аэровизуальные наблюдения позволяют не только выявить обнаженность и наметить маршруты наземных исследований, но в отдельных случаях (в открытых местностях) определить площади развития различных стратиграфических или литологических комплексов и установить общие черты дислокации. Так, иногда удается проследить зоны крупных флексуорообразных складок (антиклинальных валов).

При маршрутной съемке, поскольку она охватывает значительную территорию, обычно картируется несколько опорных горизонтов. Окончательная же структурная карта строится по одному, реже двум (для разных участков района) горизонтам. Поэтому в поле необходимо весьма тщательно изучать взаимное положение различных горизонтов для приведения всех отметок к одному пласту. Это требует детального изучения и взаимной увязки всех обнажений по разрезу.

Привязку обнажений при съемке масштаба 1 : 200 000 производят либо глазомерным путем, руководствуясь различными ориентирами на местности, либо путем засечек, а также проведением ходов от пунктов, хорошо выраженных в рельефе и легко находимых по карте. Направления берутся горным компасом, а расстояния измеряются шагами.

Высотные отметки опорных горизонтов определяют при наличии топографических карт масштаба 1 : 50 000 с горизонталями непосредственно по карте, а при отсутствии таковых — с помощью барометра. Барометрическая съемка дает наилучшие результаты в районах с хорошо выраженным рельефом.

Техника работы с барометром-анероидом заключается в следующем.

На месте структурной точки определяют по стрелке анероида давление атмосферы в миллиметрах (причем десятые доли берут на глаз), по термометру внутри анероида — его температуру. Одновременно измеряется и температура воздуха, для чего в течение нескольких секунд вращают на шнуре прашевой термометр.

Прежде всего вычисляют барометрическое давление на точке при 0° с помощью формулы

$$B_0 = A + a + bt + c (762 - A), \quad (1)$$

где  $B_0$  — барометрическое давление при 0°;

$A$  — показание барометра-анероида;

$a$  — постоянная поправка анероида;

$b$  — температурный коэффициент;

$t$  — температура анероида;

$c$  — коэффициент на изменение давления;

762 — среднее показание барометра на уровне моря в мм.

Величины  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — постоянные для каждого анероида и даются в его техническом паспорте.

Вычислив  $B_0$  по формуле (1), находят с помощью специальной таблицы (см. приложение 1) приблизительную высоту точки над уровнем моря.

После этого берут разность двух соседних точек, находят поправку в метрах на среднюю температуру воздуха по таблице (см. приложение II), прибавляют ее к разности и получают действительное превышение одной точки над другой.

Пример. Пусть высота исходной точки, известная нам, равна 303,6 м. Температура воздуха здесь 29°. Показание анероида на новой точке, высоту которой надо измерить, 722,0, при температуре анероида 30° и температуре воздуха 25°. Коэффициенты анероида равны:  $a = 1,0$ ;  $b = 0,05$ ;  $c = 0,01$ .

По формуле (1) находим:

$$B_0 = 722,0 + 1,0 + 0,05 \cdot 30 + 0,01 (762 - 722) = 724,9 \text{ мм.}$$

По приложению I находим, что давлению 724,9 мм соответствует высота (без учета температуры воздуха) 421,7 м.

Разность высот составляет  $421,7 - 303,6 = 118,1 \text{ м}$ .

Средняя температура воздуха в двух точках наблюдения равна

$$\frac{29 + 25}{2} = 27^\circ$$

По приложению II находим поправку на температуру:

для 100 м	— 4,17
„ 10 „	— 0,41
„ 8 „	— 0,33
„ 0,1 „	— 0,00

Для 118,1 м — 4,91

Действительная разность высот равняется, таким образом,  $118,1 + 4,9 = 123 \text{ м}$ . а высота интересующей нас точки над уровнем моря  $123 + 303,6 = 426,6 \text{ м}$ .

Превышение одной точки над другой можно определить приблизительно, умножая число миллиметров, на которое изменилось показание анероида на двух остановках, на 10 — для высот от 300 м, на 11 — для высот от 300 до 600 м и на 12 — для высот от 600 до 1000 м. Например, пусть показания анероида на двух остановках (разность высот которых не превышает 300 м) составляют 766 и 742 мм; тогда превышение одной точки над другой составит примерно:  $(766 - 742) \cdot 10 = 240 \text{ м}$ .

Точность определения высот барометром зависит от состояния атмосферы, расстояния между точками наблюдений и быстроты замеров показаний в смежных точках. Наилучшие атмосферные условия для работы бывают при тихой ясной или пасмурной погоде или при легком ветре. При признаках наступающей грозы и при сильном ветре работу с барометром необходимо прекратить. Лучшее время для наблюдений — раннее утро (до 8—9 часов) и вечер (после 16 часов). Чем меньше расстояние между пунктами наблюдений и чем меньше разность во времени наблюдений, тем надежнее результаты. Маршрут должен быть замкнутым, т. е. начаться и кончиться на одной и той же точке.

При работе на точке необходимо:

1) отсчет по барометру делать спустя несколько минут после прихода на точку, так как анероид должен воспринять новую температуру и окружающее давление;

2) изолировать анероид от воздействия солнечных лучей и теплоты тела человека;

3) при отсчете держать анероид горизонтально на высоте груди, постукивая пальцем по стеклу для преодоления трения частей механизма.

При соблюдении всех перечисленных выше условий имеется возможность определять при помощи барометра высоты с точностью  $\pm 5 \text{ м}$ , а в умелых руках и при благоприятных условиях — до  $\pm 3 \text{ м}$ .

Вообще говоря, барометр сглаживает высоты, т. е. вследствие ошибок низкие точки оказываются приподнятыми, а высокие — опущенными. Таким образом, антиклинальная структура, нарисованная по данным барометрической съемки, будет несколько уплощенной по сравнению с действительной формой.

**Мензульная съемка.** Для привязки обнажения и определения высотных отметок опорных горизонтов применяется мензула с кипрегелем.

Работа с мензулой при структурно-геологической съемке складывается из двух основных операций:

- 1) разбивки геометрической сети для точного определения системы опорных точек;
- 2) съемки структурных точек.

Геометрическая сеть составляется или независимо от тригонометрической сети, или же на основе ее. Составление геометрической сети начинается с объезда и общего осмотра местности, после чего на имеющуюся топографическую карту наносится схема размещения опорных точек геометрической сети. Точки размещают таким образом, чтобы они составляли примерно равносторонние треугольники и чтобы на местности с каждой точки можно было бы видеть возможно большее количество других точек.

При масштабе 1:25 000 на 75 км<sup>2</sup> площади рекомендуется иметь 50—60 опорных точек, а при масштабе 1:50 000 на 300 км<sup>2</sup> — 60—100 точек.

Точки отмечаются на местности кольями, забитыми вровень с землей; вплотную рядом ставится веха — жердь высотой до 8 м. Веха дает возможность отыскать на местности точки сети и произвести необходимые измерения кипрегелем. Вся система точек привязывается к базису.

Базис представляет единственную линию, измеряемую непосредственно на местности лентой. Базис берется длиной от 1000 до 5000 м в зависимости от масштаба съемки, в общем из расчета 5—10 см длины его на планшете. Базис размещается, по возможности, на середине снимаемого участка. Для перенесения точек геометрической сети на планшет прежде всего наносится линия базиса (рис. 3). На планшете буквой *a* отмечается первая точка базиса *A*, над которой стоит мензула; кипрегелем визируют на вторую точку (веху) базиса *B* и по линейке кипрегеля прочерчивают направление базиса *A—B*; длину его откладывают по масштабу и получают таким путем на планшете вторую точку базиса *b*. Далее таким же путем через точку *a* прочерчивают направления на ближайшие видимые вехи 3, 4, 5 и 6.

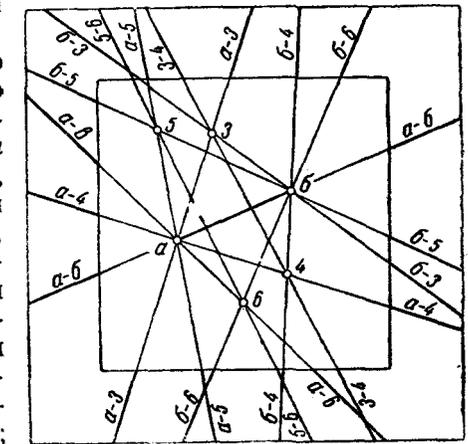


Рис. 3. Построение базиса

Направления прочерчивают карандашом вдоль всей длины линейки, и за рамкой надписывают две буквы или цифры точек, через которые проходит данное направление (*a—b*, *a—3*, *b—4* и т. д.).

Далее переходят с мензулой на веху *B*, устанавливают мензулу и отсюда визируют на вехи, на которые только что визируют с точки *A*, т. е. на 3 и 4. Благодаря этому точки 3 и 4 получают на планшете в пересечении двух направлений каждая. Положение точек 3 и 4, однако, показывается на планшете лишь после пересечения не двух, а трех направлений, в данном случае после направления 3—4.

На каждой точке измеряются вертикальные углы для вычисления разности высот точек. Результаты измерений надписываются у каждой точки, причем высота первой точки берется из триангуляционных дан-

ных, для чего производится соответствующая привязка к триангуляционному пункту.

Правильность определения высотных отметок геометрической сети контролируется расчетами по замкнутым полигонам.

По окончании составления геометрической сети и всех необходимых вычислений приступают к нанесению на планшет обнажений с опорными горизонтами и определению их высотных отметок.

В зависимости от степени обнаженности опорных горизонтов и величины углов падения пластов различают два основных метода ведения структурно-геологической съемки — прямой и по элементам залегания.

**Прямая съемка опорного горизонта.** Прямой метод применяется в условиях:

1) хорошей обнаженности пород; в среднем можно считать, что при съемке масштаба 1 : 50 000 необходимо иметь по крайней мере одно обнажение с опорными горизонтами на 1 км<sup>2</sup> площади;

2) открытой или слабо залесенной местности, что является условием, необходимым для применения мензулы;

3) пологого падения пластов (до 5°).

Прямой метод съемки состоит в непосредственном замере в поле высотных отметок опорных горизонтов. Наиболее быстро и притом самые точные результаты удается получить в тех случаях, когда представляется возможность всю съемку провести по одному опорному пласту. Однако такие условия встречаются сравнительно редко. По одному пласту съемка возможна лишь при очень пологом залегании пластов и достаточно резком расчленении рельефа. Так, при угле падения пластов в 1° необходимо, чтобы на каждые 1000 м расстояния по падению от одного выхода пласта до другого высотные отметки отличались не менее чем на 17 м, при 2° — на 34 м и т. д. При падениях круче 5°, т. е. когда имеется возможность замерять элементы залегания горным компасом, структурную съемку целесообразнее вести по «элементам залегания», так как в этом случае при прямом способе пришлось бы прибегать к большому количеству опорных горизонтов, что, несомненно, отразилось бы на точности результатов.

Работа в поле ведется двумя отрядами — топографическим и геологическим.

Топографический отряд состоит из топографа и рабочего. Позднее к ним присоединяется в качестве речника коллектор из геологического отряда. Топографический отряд разбивает на местности и переносит на планшет геометрическую сеть, по указанию геологического отряда наносит на карту обнажения и вычисляет высотные отметки опорных горизонтов.

Геологический отряд состоит из геолога и двух коллекторов. Геологический отряд первоначально производит рекогносцировку района в целом, изучая наиболее обнаженные участки. После рекогносцировочных исследований приступают к изучению всех обнажений в районе.

После описания группы обнажений, если топографический отряд закончил работы с геометрической сетью и готов приступить к привязке обнажений, один из коллекторов геологического отряда переходит в топографический отряд. Коллектор ходит с рейкой, показывая топографу, какие обнажения надо нанести на карту и на каких, помимо того, надо определить высотные отметки опорных горизонтов. В тех случаях, когда выход опорного горизонта располагается на дне оврага и рейку не видно, ее переносят наверх, причем высоту подъема рейки от опорного горизонта измеряют и учитывают при последующих расчетах. Высотные отметки опорных горизонтов вычисляются топографом в поле и тут же надписываются на карте. Обнажение опорного горизонта (структурную точку) необходимо показывать на карте четырьмя знаками, например:

$\frac{15-8}{d-121}$ , где 15 — порядковый номер обнажения, 8 — порядковый номер структурной точки,  $d$  — индекс опорного горизонта, 121 — его высотная отметка.

Высотная отметка горизонта должна вноситься коллектором, помимо карты, и в полевую книжку в конце описания данного обнажения.

После того как первый коллектор передаст топографу все обнажения, в описании которых он принимал участие, его сменяет второй коллектор, работавший в это время с геологом, а первый уходит вновь в геологический отряд, и т. д.

После нанесения на карту 10—15 структурных точек рекомендуется начать строить структурную карту. Если съемка велась по одному горизонту, построение структурной карты необходимо производить сразу же, так как в этом случае не нужно вести каких-либо пересчетов, а требуется лишь чисто графическое построение. Если съемка велась по нескольким маркирующим горизонтам (что бывает наиболее часто), то для построения структурной карты необходимо произвести пересчеты высотных отметок всех пластов на один основной пласт, по которому решено строить карту. За основной горизонт необходимо принимать горизонт из числа наиболее глубоко залегающих, чтобы избежать построения «воздушной» структуры. Однако этот горизонт должен иметь достаточное количество обнажений, чтобы только по нему одному можно было построить хотя бы схематическую структурную карту. В общем необходимо стремиться прежде всего максимально использовать непосредственно замеренные точки.

Отметка основного опорного горизонта  $h_b$  (рис. 4) на месте выхода второстепенного горизонта теоретически должна вычисляться из формулы

$$h_b = (h_a + h) - S, \quad (2)$$

где  $h_a$  — высотная отметка основного горизонта;

$h$  — разность высотных отметок выходов основного и второстепенного горизонтов;

$S$  — расстояние по вертикали, отделяющее основной горизонт от второстепенного на месте выхода последнего.

Практически же, имея в виду, что съемка ведется при пологих углах падения и обычно при небольших мощностях, разделяющих опорные пласты, вертикальные расстояния  $S$  принимаются за мощности  $H$ , и формула (2) принимает вид:

$$h_b = (h_a + h) - H. \quad (3)$$

При этом фактически будет определяться высотная отметка пласта  $A$  не в месте обнажения  $B$ , а в некоторой точке  $C$ . Обозначим величину смещения  $BC$ , т. е. ошибку, через  $a$ . Из рисунка следует, что

$$\frac{S-H}{a} = \operatorname{tg} \alpha, \quad S = \frac{H}{\cos \alpha},$$

откуда

$$H = a \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

или

$$H = a \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

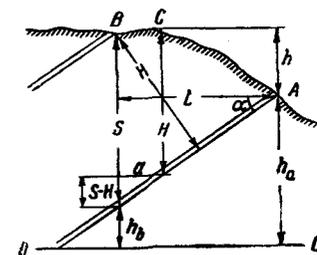


Рис. 4. Пример построения разреза для структурной карты

Если принять точность нанесения на карту в 0,5 мм, т. е. для масштабов 1 : 50 000 и 1 : 25 000 соответственно 25 и 12,5 м, то максимальное значение  $H$ , при котором можно пользоваться формулой (4), при масштабе съемки 1 : 50 000 будет следующим (табл. 2).

Таблица 2

Угол падения	1°	2°	3°	5°	10°
$H$	2864,7	1432,5	952,5	572,5	285,7
$S$	2865,1	1433,3	953,8	574,7	290,1
$S - H$	0,4	0,8	1,3	2,2	4,4

Для масштабов 1 : 25 000 и 1 : 10 000 значения  $H$  соответственно уменьшаются в 2 и 5 раз.

В табл. 2 показаны также величины ошибок в отметках ( $S-H$ ), которые будут иметь место при пользовании формулой (4) при предельно допустимых значениях  $H$ . Так как обычно величины  $H$  находятся в пределах 50—250 м, то значения  $S-H$  для углов падения до 5° составляют лишь десятые доли метра.

Пример. Положим, что съемка велась по трем опорным пластам:  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ; из них  $c$  взят за основной, по которому будет строиться структурная карта. В первом обнажении высотная отметка пласта  $c$  равна 120 м, во втором обнажении отметка пласта  $b$  равна 135 м, в третьем обнажении отметка пласта  $a$  равна 166 м. Известно, что кровля пласта  $a$  отделена от кровли пласта  $b$  толщей мощностью 40 м, кровля пласта  $b$  от пласта  $c$  — толщей мощностью 75 м. Тогда высотная отметка пласта  $b$  ( $h_b$ ) во втором обнажении будет равна:

$$h_b = [120 + (135 - 120)] - 75 = 60 \text{ м.}$$

Соответственно в третьем обнажении отметка пласта  $a$  будет равна:

$$h_a = [120 + (166 - 120)] - (40 + 75) = 51 \text{ м.}$$

Величину  $H$  для формулы (3) надо определять непосредственно по обнажениям. Для этого необходимо весьма тщательно изучить весь разрез пород, разделяющих опорные горизонты, с тем чтобы выделить промежуточные толщи (свиты, пласты), руководствуясь которыми, нужно проследить весь разрез от одного обнажения к другому. Если это не удастся сделать только по обнажениям, то следует прибегнуть к горным выработкам, располагая их так, чтобы получить сплошной разрез от одного горизонта до другого.

При съемке платформенных геологических структур благодаря их асимметричности (флексуобразному строению)  $H$  следует определять на крутом крыле, т. е. там, где углы падения пластов можно измерить горным компасом. В этом случае, зная расстояние между обнажениями двух опорных горизонтов  $L$ , измеренное горизонтально вкрест простирания, и угол падения пластов  $\alpha$ , можно определить мощность пластов  $H$ , разделяющих горизонты, из формулы

$$H = L \sin \alpha. \quad (5)$$

Если линия  $L$ , соединяющая два соседних обнажения опорных горизонтов, измерена не вкрест, а под некоторым углом  $\gamma$  к простиранию, вместо угла падения  $\alpha$  в формулу (5) подставляется угол  $\beta$  наклона пласта вдоль линии  $L$ , вычисляемый по формуле

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma. \quad (6)$$

К формуле (6) прибегают лишь при  $\gamma$  больше 15°.

В рассмотренных случаях углы падения опорных горизонтов в обоих обнажениях были одинаковы. Если имеется разность в величинах углов

падения пластов ( $\alpha_1$ — $\alpha_2$  не выше 10°), можно пользоваться приближенной формулой:

$$H = L \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}. \quad (7)$$

Величину  $H$  рекомендуется определять несколько раз и в наиболее выгодных условиях. Из полученных величин вычисляют среднее.

Съемка по элементам залегания. При этом методе структурная карта строится по данным высотных отметок опорного пласта, определенных непосредственно в поле и вычисленных для всех обнажений по замерам углов падения пластов и по измеренным расстояниям между ними.

Структурную съемку по элементам залегания рекомендуется вести в масштабе не крупнее 1 : 50 000, и то лишь в районах несложной тектоники, с плавными изменениями падения пластов, без нарушений, в условиях, когда величины углов падения пластов возможно определять горным компасом.

Пусть точка  $A$  (рис. 4) изображает выход на поверхность опорного горизонта с высотной отметкой  $h_a$  и углом падения  $\alpha$ , выше по падению имеется обнажение пласта  $B$  с углом падения также  $\alpha$ . Тогда отметка пласта  $B = h_b$  в точке  $B$  определится из формулы

$$h_b = h_a - L \operatorname{tg} \alpha, \quad (8)$$

где  $L = AB$ —расстояние, разделяющее пласты  $A$  и  $B$ , измеренное по поверхности вкрест простирания пласта. Если  $AB$  измерено не по падению, вместо угла  $\alpha$  в формулу (8) необходимо вставить угол  $\gamma$ , определяемый из формулы (6).

Точность вычисления глубин залегания опорного горизонта при этом методе зависит прежде всего от расстояний между обнажениями. Если принять точность измерения угла падения пласта горным компасом равной 1°, то на каждые 1000 м расстояния между обнажениями ошибка на 1° вызывает ошибку в вычислении отметки пласта примерно на 18 м. В плане ошибка (смещение изогипс) при этом может для небольших (до 15°) углов падения достигнуть 200 м, что видно из приводимой табл. 3.

Таблица 3

Фактический угол падения в градусах	Угол падения, определенный горным компасом, в градусах	Ошибка в определении высоты (разность) в м	Ошибка в плане (смещение изогипс) в м
5	6	17,7	202
10	11	18,0	102
15	16	18,8	70

В силу этого структурную съемку по элементам залегания рекомендуется сопровождать горными выработками, поддерживая с их помощью расстояние между основными пунктами замеров элементов залегания не более 500 м.

Иногда в соседних обнажениях величины углов падения бывают различными, т. е. пласт на этом расстоянии перегибается. В этом случае возможны ошибки в определении глубины залегания пласта, так как приходится угол  $\alpha$  условно брать как арифметическое среднее между двумя замерами.

Полевая работа при съемке по элементам залегания протекает так же, как и при прямом методе.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

Горные выработки (шурфы или неглубокие скважины) применяются при структурно-геологической съемке прежде всего как способ получения дополнительных точек наблюдений, когда вследствие неравномерной обнаженности пород имеются большие перерывы между обнажениями.

К горным выработкам необходимо прибегать также для уточнения строения какой-либо части снимаемой площади, например для прослеживания тектонического нарушения, а также для детального изучения разреза. Самостоятельное значение горные выработки имеют в условиях слабой обнаженности пород.

Шурфы применяются при мощности наносов не более 3 м, при большей мощности прибегают к колонковому бурению легкими станками передвижного типа (УКБ-100, АВБ-100, ЗИВ-75).

В зависимости от углов падения структурную съемку ведут по прямому методу или же по элементам залегания.

После проведения первой линии шурфов (скважин), необходимых для выделения опорных горизонтов, последующие выработки закладываются с целью прослеживания выделенных опорных горизонтов по простиранию и определения их высотных отметок.

Для этого горные выработки размещаются по простиранию опорных горизонтов, которые были вскрыты предыдущими выработками. Расстояние между выработками поддерживается в 1—0,5 км, в зависимости от сложности и возможных размеров складки. Так как простирание пластов меняется, то понятно, что далеко не все закладываемые выработки вскрывают опорные горизонты. Выработка может попасть или ниже, т. е. минуя нужный горизонт, или выше — на месте его слишком глубокого залегания, недоступного для применяемой выработки. В этом случае приходится ставить дополнительные выработки вверх или вниз по падению пластов. Знание разреза пород, покрывающих и подстилающих опорные горизонты, дает возможность стратиграфически ориентировать забой шурфа, т. е. установить его положение (выше или ниже) относительно опорного горизонта, определить возможную глубину залегания опорного горизонта (если он не вскрывается на проектной глубине) и решить вопрос о целесообразности углубления выработки или постановки новой на новом месте.

Расстояние между выработками, закладываемыми по падению с целью вскрытия разных горизонтов, необходимо контролировать формулой

$$l = \frac{H}{\sin(\alpha \pm \beta)}, \quad (9)$$

где  $l$  — расстояние между выработками, измеренное по поверхности;  
 $H$  — мощность пластов, разделяющих изучаемые горизонты;  
 $\alpha$  — угол падения пластов;  
 $\beta$  — угол наклона поверхности (т. е. линии  $l$ ).

Знак  $+$  ставится, если наклон поверхности не совпадает с наклоном пластов, знак  $-$  ставится, когда условия противоположные.

При съемке по элементам залегания от выработок, вскрывающих опорные горизонты, вниз и вверх по падению на расстоянии не более 500—600 м (увеличение расстояния влечет за собой увеличение ошибки в вычислениях) закладывают еще выработки специально для определения элементов залегания. Естественно, что при этом нет необходимости значительно углублять выработку в коренные породы. При прямой съемке каждая выработка должна углубляться до вскрытия опорного горизонта. Поэтому необходимо более тщательно намечать место выработки с тем, чтобы встретить нужный горизонт на наименьшей глубине.

При съемке по горным выработкам предпочтительно иметь большое количество неглубоких выработок, чем небольшое количество глубоких.

Все горные выработки должны быть вынесены на мензульный планшет с определением сперва высотных отметок устьев, а затем (по мере вскрытия опорных горизонтов) отметок глубин их залегания.

## СТРУКТУРНАЯ СЪЕМКА С БУРЕНИЕМ (СТРУКТУРНАЯ РАЗВЕДКА)

Бурение скважин для структурных целей производится в случаях:

- 1) большой мощности четвертичных отложений, когда коренные породы не могут быть вскрыты шурфами или мелкими скважинами;
- 2) отсутствия на малых глубинах (в обнажениях, в шурфах и неглубоких скважинах) опорных горизонтов;
- 3) несогласного залегания верхней толщи на нижележащих слоях, представляющих основной интерес;
- 4) необходимости знать условия залегания пластов на возможно большей глубине; особенно часто такая необходимость возникает при подготовке площадей для разведки на нефть или газ.

Структурное бурение ведется станками колонкового бурения (типов КАМ-300, КАМ-500, ЗИФ-650). Скважины размещаются профилями вкrest преобладающего простирания пород с расстояниями между ними порядка 1 км и между профилями 1,5—2 км в зависимости от типа, размеров и конфигурации геологической структуры изучаемой площади. В общем расстояние между скважинами должно быть таким, чтобы соседние скважины, расположенные вкrest простирания, отличались по высоте (в плоскости одного пласта) не более чем на 20—25 м, а по простиранию это расстояние может быть в 2—1,5 раза больше. При таком размещении структурных скважин обеспечивается составление структурных карт с точностью, соответствующей масштабу 1 : 50 000.

Маркирующие горизонты при структурном бурении обычно выбираются на основании электрокаротажных данных.

Привязка структурных скважин (вертикальная и горизонтальная) производится тахеометрическими ходами.

## СОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КАРТ

Структурные карты составляются предварительно в процессе полевых работ и окончательно после камеральной обработки всего собранного материала.

Полевые структурные карты обычно мало чем отличаются от окончательных, так как необходимый для их составления основной материал (высотные отметки горизонтов) получается непосредственно в поле.

Составление структурной карты производится на основании каталога отметок, который ведется по следующей форме (табл. 4).

Таблица 4

№ обнажения, шурфа, скважины	№ структурной точки	Возраст пород	Индекс горизонта или наименование пород	Абсолютная отметка опорного горизонта или обнажения	Абсолютная отметка опорного горизонта	№ и страница записной книжки
1	2	3	4	5	6	7
20 30	14 —	Сенон Низы сенона	С Опоковидные песчаники	175 140	175 120—130	1—42 1—60

Для каталога необходимо завести хорошую тетрадь с твердым переплетом; заполнять каталог надо чернилами.

Если обнажение не представляет структурной точки, в графе 4 указывается (по возможности наиболее точно) положение данных слоев в разрезе, что дает возможность в дальнейшем примерно определять отметку опорного горизонта в пункте обнажения. Последнее иногда помогает пониманию сложных участков структуры, особенно в тех местах, где по условиям обнаженности не хватает структурных точек для построения изогипс.

Помимо высотных отметок основного маркирующего горизонта, на карту переносятся:

- 1) все замеренные (или вычисленные по трем точкам) элементы залегания пород;
- 2) замеры простираций осей мелких складок;
- 3) замеры простираций трещиноватости, которые предварительно должны быть обработаны путем построения лучевой диаграммы для определения преимущественных направлений трещин;
- 4) другие наблюдения, которые в той или иной степени могут быть использованы при построении структурной карты.

Техника построения структурной карты в общем подобна технике построения рельефа в горизонталях по высотным отметкам. Ближайшие

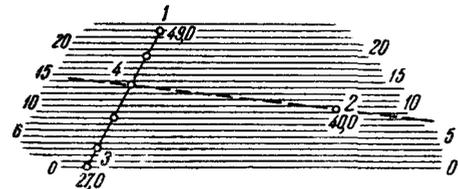


Рис. 5. Высотная сетка

точки высотных отметок основного опорного горизонта соединяются прямыми линиями. Исходя из допущения, что пласт в этом направлении падает равномерно, отрезок делят на равные части, число которых равно разности отметок соединенных точек.

При делении отрезков удобно пользоваться графическим приемом

с помощью так называемой высотной сетки. Последняя представляет собой вычерченную на кальке сетку (рис. 5), состоящую из параллельных прямых, проведенных на одинаковом друг от друга расстоянии, например через 1 мм, с цифровыми отметками 5, 10, 15, 20. . .

Пользуются такой сеткой следующим образом. Сетку накладывают на карту так, чтобы на одну из крайних точек с отметкой легла нулевая линия сетки. Затем, не смещая линии с этой точки, вращают сетку до тех пор, пока другая точка отрезка не совпадет с линией сетки, имеющей цифровое обозначение, равное разности высотных отметок взятых обнажений. Точки пересечения линий сетки с отрезком перекальваются на карту. Точки, соответствующие изогипсам, находят простым отсчетом от исходящей точки нужного количества интервалов, отмеченных на отрезке.

Например, пусть мы имеем три точки (1, 2, 3) с отметками пласта соответственно 49, 40 и 27 м (рис. 5). Ставим сетку так, чтобы линия 0—0 пришлась на точку 3, после чего вращаем сетку до совмещения точки 1 с линией сетки 22, так как разность отметок точек 1 и 3 составляет 22 м. Тогда отрезок, соединяющий точки 3 и 1, будет разделен линиями сетки на 22 части. Идя от точки 3 к точке 1, получаем через три интервала точку с отметкой 30, через 8 интервалов — точку с отметкой 35, через 13 — с отметкой 40 (точка 4), через 18 — с отметкой 45. Соединив точку 2 с точкой 4, получаем изогипсу 40 м. Точно так же поступаем и для отрезков, соединяющих точки 3 и 2, 2 и 1.

В результате подобных подсчетов получаем серию точек со значениями, отвечающими взятому сечению изогипс (10, 20, 30); точки соединяем изолиниями и получаем таким путем стратоизогипсы.

Точки необходимо соединить плавными линиями, не допуская резких перегибов, мало правдоподобных для обычных форм. Конфигурация изогипс, имеющих небольшое количество точек, должна подчиняться конфигурации ближайших изогипс с максимальным количеством точек. Другими словами, должен выдерживаться принцип параллельности изогипс и подобия фигур, ими очерчиваемых. Конфигурацию изогипс необ-

ходимо согласовывать с данными замеров элементов залегания пород и, в частности, с мелкой складчатостью, а также трещиноватостью, имея в виду их прямую связь. Изогипсы, проведенные предположительно, показываются пунктирными линиями.

На рис. 6 показан пример построения структурной карты участка с периклинальным окончанием антиклинальной складки.

Составление структурных карт значительно усложняется при наличии сбросовых нарушений. Обычно наличие нарушения и его местоположение устанавливаются по резкому колебанию высотных отметок на небольшом расстоянии. В этих случаях стратоизогипсы проводятся лишь в пределах отдельных блоков, ограниченных плоскостями нарушений; они не являются уже непрерывными линиями и обрываются в точке пересечения с плоскостью нарушения.

При съемке с бурением скважин, когда в разрезе имеются пласты или свиты с меняющейся мощностью, как мы уже указывали выше, прибегают к построению карт равных мощностей и карт схождения.

Техника построения подобных карт в принципе та же, что и для структурных карт. Вместо высотных отметок здесь каждая точка имеет значение, равное истинной мощности какого-либо пласта (для карты

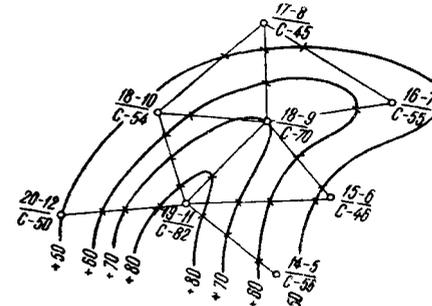


Рис. 6. Построение структурной карты

равных мощностей) или вертикальному расстоянию между двумя пластами (для карты схождения).

Соединяя точки с одинаковыми значениями, получают соответственные линии равных мощностей или равных вертикальных расстояний между пластами.

Карты схождения обычно имеют вспомогательное значение и применяются для случаев, когда необходимо построить структурную карту какого-либо горизонта, вскрытого лишь несколькими скважинами, но имеется достаточно детальная структурная карта для вышележащего горизонта.

Для построения карты поступают следующим образом. Карту схождения совмещают со структурной картой. На пересечениях стратоизогипс и изолиний схождения по сумме значений изолиний получают отметки изолиний нижнего горизонта. На рис. 7 представлена структурная карта периклинального окончания антиклинальной складки, составленная для верхнего опорного горизонта, вскрытого рядом скважин. Подстилающий горизонт вскрыт лишь в 18 точках, причём он залегает несогласно с верхним горизонтом. Для построения структурной карты нижнего горизонта предварительно строим карту схождения, для чего для каждой точки, вскрывшей нижний горизонт, определяем расстояние по вертикали между верхним опорным и нижним горизонтами и проводим линии рав-

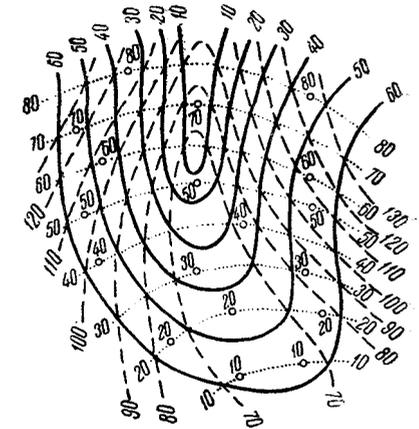


Рис. 7. Построение структурной карты с помощью карты схождения

Сплошные линии — изогипсы верхнего опорного горизонта; точечный пунктир — изогипсы схождения; линейный пунктир — изогипсы нижнего горизонта; 50, 60, 70 — опорные точки карты схождения

ных расстояний. На пересечениях изогипс опорного горизонта и изолиний схождения получаем точки, глубина залегания нижнего горизонта в которых будет определяться как сумма отметок изогипсы опорного горизонта и изолинии схождения. Так, на месте пересечения изогипсы 50 м с изолинией схождения 30 м отметка нижнего горизонта будет составлять 80 м и т. д. Таким путем в результате использования карты схождения

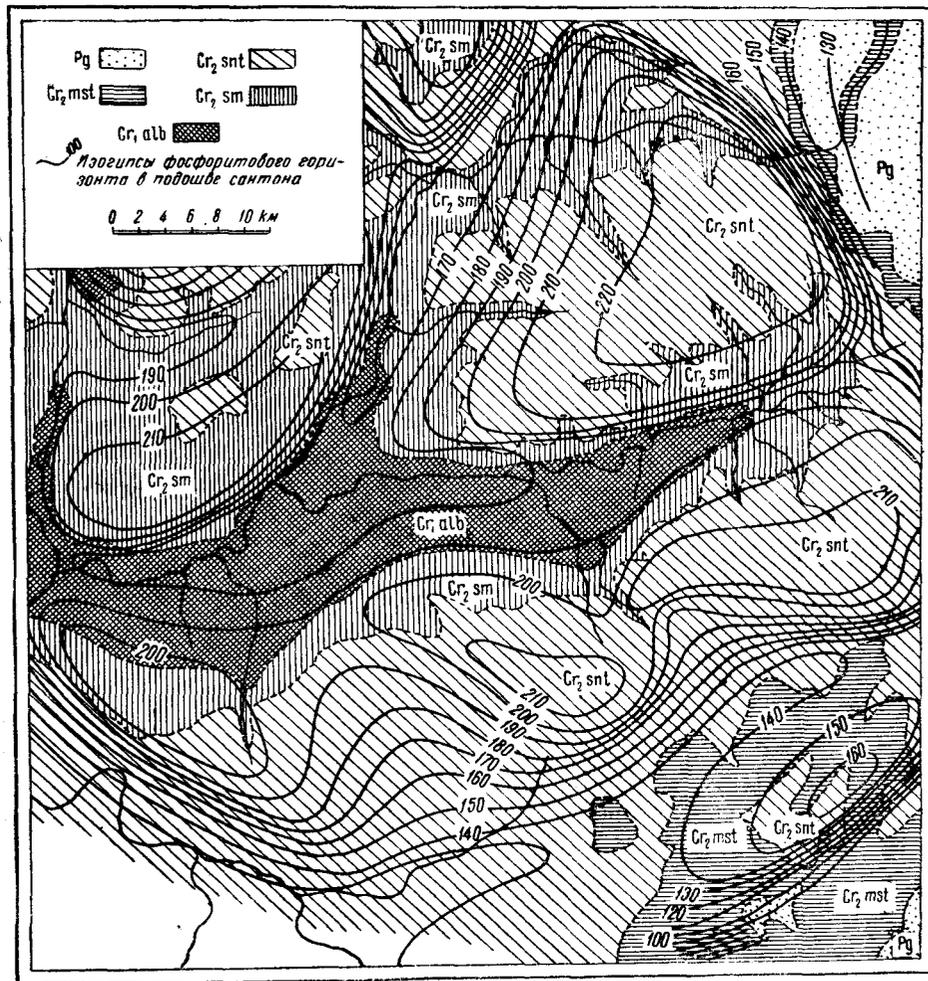


Рис. 8. Примерная структурно-геологическая карта

можно получить для нижнего горизонта значительное число отметок, т. е. построить более детальную структурную карту, чем если бы это пришлось сделать только по данным 18 точек, вскрывших нижний горизонт.

Структурная карта в окончательном виде представляется на топографической основе соответствующего масштаба, обязательно с изображением всех населенных пунктов, дорог, рек и т. д., что имеет большое значение при проектировании разведочных буровых работ. Обнажения, шурфы, скважины на окончательной карте обычно не показываются.

Одновременно со структурной картой составляется и геологическая карта. Структурно-геологическая карта изображена на рис. 8 и 8а в масштабе 1 : 200 000.

К структурно-геологической карте необходимо давать стратиграфо-литологическую колонку, которую целесообразно изображать на том же самом листе, на котором построена структурно-геологическая карта, например справа за рамкой карты.

Стратиграфо-литологическая колонка окончательно отрабатывается в процессе камеральной обработки материала. Основное в колонке за-

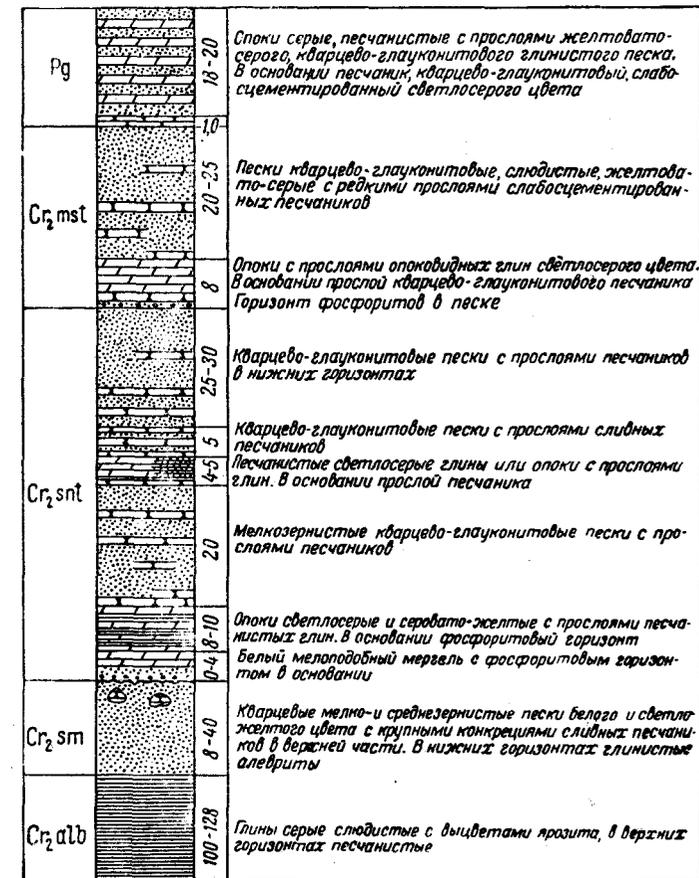


Рис. 8а. Колонка к структурно-литологической карте (рис. 8)

ключается в правильности определения возраста, литологии, мощностей и взаимного положения маркирующих горизонтов, а также подстилающих и покрывающих их толщ.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА В СОЛЯНОКУПОЛЬНЫХ РАЙОНАХ ПЛАТФОРМЕННОГО ТИПА

Районы развития солянокупольной тектоники всегда служат объектом детального геологического изучения, так как часто представляют собой нефтеносные районы. Методика геологического изучения их разработана именно применительно к поискам и разведкам нефтяных месторождений.

Объектом непосредственного геологического изучения являются собственно солянокупольные поднятия с разделяющими их междукупольными пространствами, обычно представляющими собой плоские впадины.

Работы по изучению солянокупольных поднятий разделяются на три основных этапа: 1) поиски поднятий, 2) геологическая съемка, 3) структурная съемка.

Солянокупольные поднятия определяют на поверхности по следующим признакам:

1) непосредственному выходу (прорванные поднятия) соляного (или гипсового) массива на поверхность;

2) развитию соляных озер (озера Эльтон, Баскунчак);

3) развитию соляных источников;

4) сильной тектонической нарушенности площади соляного поднятия.

Последнее, однако, не всегда улавливается. Поднятия с глубоко залегающим соляным массивом проявляются на поверхности лишь пологим куполовидным вздутием слоев, залегающих на соли.

Основным методом поисков солянокупольных поднятий является геофизическая съемка, которая проводится в два этапа: маршрутная съемка, обычно гравиметрическая, и детальная.

В результате маршрутной съемки определяется примерное местонахождение соляного поднятия в плане. Детальной геофизической съемкой (вид съемки зависит от местных геологических условий, чаще всего это сейсмическая съемка) оконтуривают соляной массив и определяют глубину залегания его кровли.

Геологическая съемка соляного поднятия имеет своей основной целью выяснение прежде всего тектонического строения поднятия путем прослеживания отдельных нарушений, определения их амплитуды, оконтуривания отдельных тектонических блоков и т. д. Для этого необходимо построение детальной геологической карты с нанесением выходов drobных стратиграфических подразделений. Геологическая съемка в силу этого сопровождается, как правило, бурением большого количества мелких картировочных скважин. Скважины размещаются профилями вкост основного простирания структуры с расстояниями между скважинами и профилями, измеряемыми сотнями метров (в зависимости от типа структуры, ее размеров, углов падения пластов и т. д.). Первый ряд скважин бурится со сплошным отбором керна из расчета получения сплошного разреза пород. В следующих скважинах керна отбирается бросовым грунтоносом через определенные интервалы. Расстояние между скважинами первоначально берется максимальным, а в последующем сокращается, особенно на участках нарушений, перегибов слоев и т. д. Определение возраста отбираемых из скважин образцов пород производится по литологическим и микрофаунистическим данным.

На рис. 9 приведена примерная геологическая карта солянокупольного поднятия. Карта иллюстрирует сложность геологического строения солянокупольных поднятий, а соответственно, и условий проведения геологической съемки.

Структурная съемка на солянокупольном поднятии проводится на отдельных участках (тектонических блоках), представляющих интерес для дальнейшего изучения, например для разведочного бурения на нефть или газ. Структурная съемка ведется с помощью бурения скважин станками колонкового бурения.

Геологический разрез отложений, слагающих солянокупольные поднятия, изобилует перерывами и несогласиями, возникающими как следствие неравномерного роста соляного ядра структуры. Поэтому структурное бурение на солянокупольных поднятиях обычно ведется на относительно большие глубины (500—600 м), с тем чтобы получить несколько структурных карт по различным горизонтам, в том числе и по наиболее глубокому.

Структурные скважины размещают, исходя из геологического строения участка, прежде всего из углов падения и направления простирания пород, с таким расчетом, чтобы получить необходимый материал для

составления структурной карты. В общем скважины необходимо размещать на таких расстояниях, чтобы разность отметок опорных горизонтов в соседних скважинах не превышала 20—30 м. Отбивка опорных горизонтов производится обычно по материалам электрокаротажных измерений, привязка скважин и горизонтов — с помощью тахиметрических ходов.

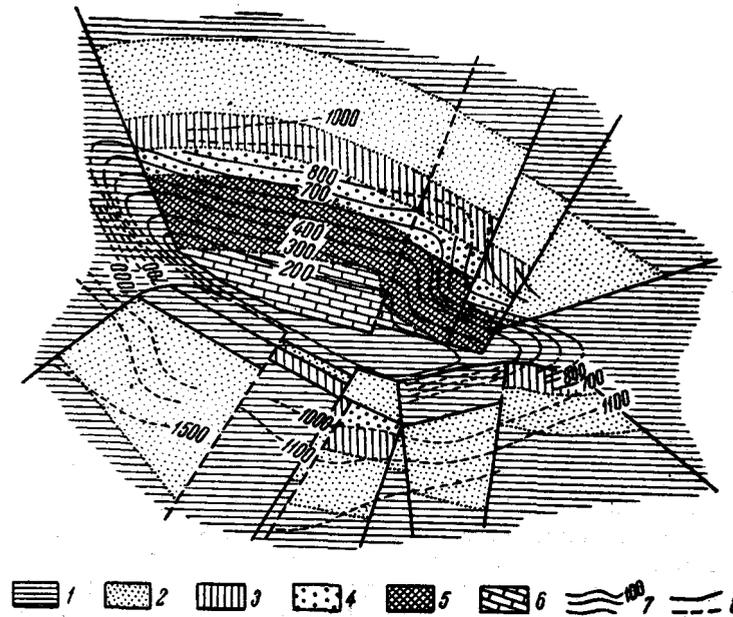


Рис. 9. Геологическая карта солянокупольного поднятия  
1—сенон и турон; 2—альб и сеноман; 3—апт; 4—неоком; 5—мальм-доггер; 6—лейас;  
7—изолинии равных глубин залегания кровли соляного массива; 8—сбросы, взбросы,  
достоверные (сплошная линия) и предполагаемые (пунктирная)

Методика построения геологической и структурной карт не отличается в принципе от подобных же построений при съемке в областях иного геологического строения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Абрамович М. В. Поиски и разведка залежей нефти и газа. Гостоптехиздат, 1948.  
Высоцкий И. В. Полевая и структурная геология. Гостоптехиздат, 1945.  
Высоцкий И. В. Структурно-геологическая съемка. Гостоптехиздат, 1946.  
Долицкий В. Опыт картирования нефтяного месторождения с помощью американской мензулы. Нефтяное хозяйство, № 1, 1930.  
Калицкий К. П. Подземное картирование. Гостехнефтеиздат, 1933.  
Косыгин А. И. Разведка нефтяных и газовых месторождений. Гостехнефтеиздат, 1932.  
Фурман И. Я. Геологические построения по данным бурения. Изд. 2-е (перераб.). Гостоптехиздат, 1948.

## ГЛАВА V

### НАБЛЮДЕНИЯ В СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЯХ

Геолог не может сразу наблюдать строение всего района в целом. В лучшем случае, например с самолета или с вершины горы, его взору доступны лишь части структур, да и то при условии хорошей обнаженности. Обычно же растительный покров или плащ четвертичных образований скрывает под собой значительную часть коренных пород, и общее строение района приходится восстанавливать по разрозненным обнажениям. Как правило, в отдельных обнажениях нельзя наблюдать крупные структуры в их полном виде: в пределах обнажения помещаются либо серия однообразно наклоненных пластов, представляющих собой часть какой-то складки, либо складки таких малых размеров, которые трудно изобразить даже на карте масштаба 1 : 25 000.

Восстановить по отрывочным данным общую структуру района — в этом и заключается главная задача геолога-съемщика. Эта задача тем труднее, чем сложнее строение района. Но эти трудности не должны останавливать геолога, так как правильное понимание строения складчатых областей — первая и важнейшая предпосылка для выявления закономерностей, которыми определяется размещение месторождений полезных ископаемых в этих областях.

Геолог, картирующий складчатый район, должен проникнуться мыслью, что перед ним находится сложная конструкция различно изогнутых и местами разорванных слоев, пронизанных интрузиями различной формы. Как инженер, который находится перед сложным агрегатом, измеряет и наносит на чертеж его детали, чтобы в совершенстве понять механизм, так и геолог-съемщик наносит на карту разрозненные детали геологической структуры, чтобы реконструировать внутреннее устройство недр. Геологическая карта — это такой же ответственный документ, как чертеж машины, и геолог должен быть точным, как всякий инженер. Нельзя мириться с тем, чтобы геолог, вооруженный хорошей топографической основой, не задумываясь о возможности точной работы, определяемой масштабом карты, весьма приблизительно наносил на карту свои наблюдения, резко преувеличивал мощности, небрежно проводил границы, искажал их форму и вообще рисовал геологическую карту, вместо того чтобы составлять ее шаг за шагом. Нельзя забывать, что по характеру геологических границ, представляющих собой линии пересечения земной поверхности с поверхностью геологических тел, мы судим о форме этих тел. Поэтому всякое искажение границ в то же время является искажением и формы геологического тела.

Поясним это примером. На рис. 10 показан пласт, залегающий строго горизонтально. О его горизонтальном залегании мы судим по точному совпадению линии выхода пласта с конфигурацией горизонталей местности. Представим себе, что геолог искажил выход пласта, показав его так, как это сделано на рисунке пунктиром. В этом случае у нас соз-

дастся впечатление, что при общем горизонтальном залегании в точке А имеется какой-то прогиб с амплитудой примерно в 40 м (горизонталы проведены через 20 м). Если геолог допустит такую же ошибку и в точке В, то возникнет уже представление о некоторой волнистости (неровности) залегания слоев, о наличии слабого прогибания слоев по линии АВ. Следовательно, изменение геологических границ действительно влечет за собой в той или иной мере изменение наших выводов о характере структуры.

На основании геологической карты в складчатых областях устанавливаются направление складок, типы антиклиналей и синклиналей, их протяженность, связь между собой и т. д. И в этом случае форма геологических границ имеет первостепенное значение. Нельзя допускать, чтобы геолог выпрямлял границы там, где они извилисты, и нельзя, как это иногда делается, «украшать» их различными изгибами там, где таких изгибов не наблюдается. Каждое усложнение границы зависит либо от влияния рельефа (при полого падающих пластах), либо от появления на фоне крупных структур каких-то добавочных тектонических осложнений. Если границы пород обнажены, геологу остается только добросовестно их воспроизвести на карте. Там же, где их не видно и где не представляется возможным вскрыть их искусственными выработками, нужно действовать в соответствии с характером местности и изображать границы с учетом материала, полученного при изучении обнаженных участков.

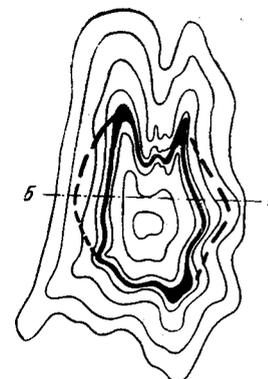


Рис. 10. Пример неправильного истолкования условий залегания пород в результате искажения геологических границ

### СОСТАВЛЕНИЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Основой геологической съемки складчатых областей, как и областей с горизонтальным залеганием пород, является составление нормального или, иначе, стратиграфического разреза (колонки).

При наличии нормальных прямых складок стратиграфические вопросы решаются сравнительно просто: чем выше в разрезе пласт, тем он моложе.

Не задерживаясь подробно на вопросах составления фаунистически охарактеризованных разрезов, отметим, что при обнаружении такого разреза геолог обязан изучить его с наибольшей детальностью. Когда разрез богат фаунистическими горизонтами, отличить древние пласты от молодых можно на основании фауны, но это случается не слишком часто. Нередко геологу приходится работать среди толщ, палеонтологически не охарактеризованных или бедных окаменелостями и притом сильно дислоцированных. Особые трудности возникают при изучении опрокинутых, изоклинальных и веерообразных складок. В таких случаях нельзя по падению крыльев отличить антиклиналь от синклинали. Для определения характера складки основным и единственно правильным остается стратиграфический принцип: антиклиналь — это такой изгиб последовательно пластующихся слоев, в ядре которого находятся более древние породы; в ядре синклинали, наоборот, находятся более молодые породы. В этом случае возникает как бы замкнутый круг: нужно создать стратиграфический разрез, чтобы разобраться в складках, а для того, чтобы разобраться в складках, нужно определить последовательность напластований. Поэтому в складчатых областях нельзя отрывать составление разреза от изучения структуры: эти две задачи должны решаться параллельно, одновременно дополняя и контролируя друг друга.

Разберем прежде всего случай опрокинутых складок. Допустим, что для исследуемого района характерна структура в виде складок, опрокинутых к северу (рис. 11). Если в этом районе обнаружено изолированное обнажение вертикально стоящих пластов, то при неопределенности



Рис. 11. Схематический разрез несимметричных опрокинутых складок

их возрастного взаимоотношения северные слои будут моложе южных, так как с юга на север мы двигаемся от ядра антиклинали к ядру синклинали (рис. 12). Это правило действительно для всех крутопадающих слоев такого района, поскольку в районе круто поставлены только

северные крылья антиклиналей. Если крутое падение параллельно или почти параллельно осевым поверхностям несимметричных складок, то здесь имеется опрокинутость слоев, и при составлении стратиграфической колонки надо учесть, что перекрывающие слои древнее подстилающих (рис. 13).

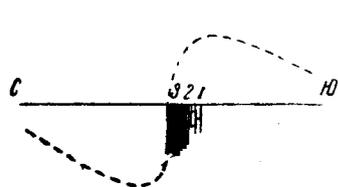


Рис. 12. Возрастная последовательность слоев в условиях структуры, изображенной на рис. 11 (слои вертикальны)

1—нижний пласт; 3—верхний пласт

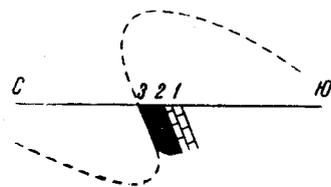


Рис. 13. Возрастная последовательность слоев в условиях структуры, изображенной на рис. 11 (слои опрокинуты)

1—нижний пласт; 3—верхний пласт

Наибольшие трудности возникают при составлении стратиграфических разрезов в условиях изоклиальной складчатости, когда все слои или стоят вертикально, или падают в одном направлении под одним и тем же углом. В этом случае особое значение приобретает определение кровли и почвы пластов путем изучения (в каждом обнажении, где это только можно сделать) дифференциальных движений, отношения кливажа к слоистости и плейчатости. Определяя указанными ниже способами (стр. 57) кровлю и почву пластов, можно установить положение антиклиналей и синклиналей по отношению к каждому обнажению. Особенную ценность будут иметь при этом разрезы вкрест простирания, в которых наблюдается последовательный переход от нормального залегания к опрокинутому, снова к нормальному и т. д. Кроме кливажа и плейчатости, для установления опрокинутого залегания пластов в условиях изоклиальной складчатости может быть использован еще один важный метод, основанный на изучении периклиналиных окончаний складок, описанный на стр. 61.

## ИЗУЧЕНИЕ КЛИВАЖА

Кливажем называется тонкая отдельность горных пород, выражающаяся в способности раскалываться на плитки по плоским гладким поверхностям, независимым от поверхности слоистости. Тонкоплитчатая отдельность кровельных сланцев — наиболее яркий пример кливажа. Кливаж (иначе «сланцеватость» — термин, имеющий более широкое значение) является очень важной вторичной структурой осадочных и, в осо-

бенности, метаморфических горных пород, главным образом зеленокаменной метаморфической зоны. В породах более глубоких зон метаморфизма (кристаллических сланцах и гнейсах) вторичная структура выражается в «кристаллизационной сланцеватости», о которой будет сказано ниже.

Кливаж проявляется исключительно в породах складчатых зон. Сопряженность этой структуры со складчатостью определяет широкие возможности ее использования при картировании. Вместе с тем очень важно уметь отличать кливаж от слоистости и уметь находить последнюю в породах с сильно развитым кливажем, что для недостаточно опытного геолога представляет вначале трудную задачу. Нередки случаи, когда, определяя элементы залегания пород по кливажу, делают выводы об однообразном залегании пород на больших площадях или о тектонических нарушениях там, где в действительности имеются нормальные стратиграфические отношения залегающих друг на друге пластов.

Различают кливаж разлома и кливаж течения. Кливаж разлома определяется способностью породы раскалываться на тонкие плитки, причем структура породы не изменяется и кливаж не зависит от расположения минеральных частиц породы. Кливаж течения представляет более глубокое структурное изменение породы и обусловлен параллельным расположением минеральных частиц, которым и определяется направление трещин кливажа. Такое расположение частиц породы может быть вызвано: 1) параллельным ростом новых минералов; 2) сплюсчиванием, перекристаллизацией и поворотом старых минералов в параллельное положение; 3) поворотом беспорядочно расположенных частиц в параллельное положение. Оба вида кливажа по своему происхождению и положению тесно связаны друг с другом, образуя переходные формы. Кливаж течения характерен для более метаморфизованных пород, но оба вида кливажа могут существовать и рядом: в серии параллельных пластов в пластичных породах скорее развивается кливаж течения, тогда как в залегающих среди них более твердых, хрупких пород будет наблюдаться кливаж разлома.

О происхождении кливажа. Основным фактором, образующим кливаж, является дифференциальное движение вещества внутри слоя. В наиболее глубоких зонах дифференциальные движения будут наибольшими, а положение кливажа все более будет приближаться к слоистости, в пределе совпадая с ней, что и наблюдается в глубоко метаморфизованных кристаллических сланцах и гнейсах, в которых кристаллизационная сланцеватость параллельна слоистости. Из этого вытекает внутренняя связь кливажа и кристаллизационной сланцеватости, объединяемых общим термином «сланцеватость», представляющих различное выражение одного и того же процесса — внутреннего дифференциального движения вещества в слое. При прогрессирующем развитии сланцеватости обычно происходит постепенное уничтожение первоначальной слоистой структуры. В породах, обладающих кристаллизационной сланцеватостью, мы находим только изредка реликты этой структуры. В таких породах чаще сохраняются только следы первичного наслоения, но и они исчезают в зоне мигматизации.

При нанесении кливажа на геологическую карту устанавливается его связь со складчатостью, а именно параллельность кливажа линиям простирания складок. В то время как пласты, образующие складку, закономерно изменяют азимуты своих простираний, кливаж по простиранию сохраняет поразительно однообразное положение.

Рассматривая рис. 14, можно видеть, что кливаж имеет больший угол падения, чем слой. В простой симметричной складке кливаж располагается симметрично по отношению к осевой поверхности складки (рис. 15). В опрокинутых складках растяжение слоев более значительно,

угол между крыльями небольшой и кливаж на обоих крыльях становится параллельным осевой плоскости складки (рис. 16). В изоклиналиных складках кливаж параллелен напластованию.

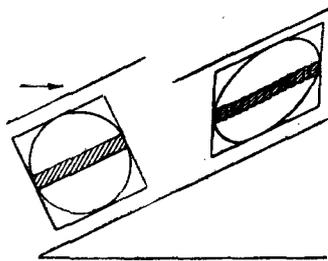


Рис. 14. Схема образования кливажа

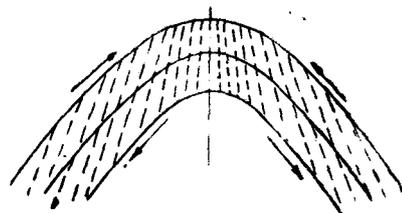


Рис. 15. Кливаж в простой симметричной складке

Из сказанного вытекают важные выводы:

1. Простираие и падение кливажа не совпадают с простираием и падением слоев, за исключением изоклиналиных складок.
2. Кливаж параллелен осевым поверхностям складок, за исключением простых симметричных складок.
3. Угол между кливажем и слоистостью на крыльях складок меньше, чем вблизи оси складки; около оси складки кливаж перпендикулярен слоистости.

**Использование кливажа при геологической съемке.** Рассмотренные особенности кливажа определяют широкие возможности использования его при геологической съемке. Это особенно важно в тех районах, где мало обнажений или где структура устанавливается по данным буровых скважин. При изучении кливажа в обнажениях необходимо учитывать следующее:



Рис. 16. Кливаж в опрокинутой складке

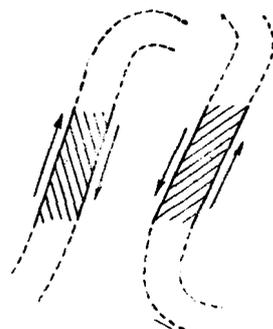


Рис. 17. Нормальное (слева) и опрокинутое (справа) залегание пластов

1. Отношение простираия кливажа к простираию слоистости указывает на положение обнажения в складке. При параллельном простираии кливажа и слоистости обнажение находится на крыле складки, при перпендикулярном — в ее замке.
2. След слоистости<sup>1</sup> на плоскости кливажа указывает на положение оси складки: если след горизонтален — ось горизонтальна и крылья складки параллельны; направление наклона следа слоистости указывает направление погружения оси складки. В замке складки след слоистости параллелен оси, что дает возможность непосредственно определить угол ее погружения. На крыльях наклон слоистости к горизонту будет несколько меньше угла погружения оси.

<sup>1</sup> След слоистости понимается как линия пересечения плоскости наложения с плоскостью кливажа. Примером «следа слоистости» могут служить полоски различного литологического состава, наблюдаемые иногда на плитках кровельного сланца.

3. Соотношение кливажа и слоистости позволяет установить относительное дифференциальное перемещение слоев, а следовательно, установить почву и кровлю пласта (рис. 17), т. е. определить, имеем ли мы дело с нормальным или опрокинутым залеганием пластов, что особенно важно в немых толщах. В нормально лежащих слоях плоскости кливажа должны быть более крутыми, в опрокинутых — более пологими, чем слоистость.

4. Кливаж может наблюдаться только в узких зонах пластичных пород и отсутствовать в более массивных. В некоторых областях все породы подвергаются кливажу, имеющему постоянное простираие и часто постоянное направление падения. Данные, полученные при изучении кливажа как регионального явления, могут быть использованы для выводов о структуре района в целом.

Постоянство направления падения кливажа указывает на общую опрокинутость складок, а угол падения кливажа определяет угол падения осевых плоскостей. Кливаж, параллельный напластованию, указывает на изоклиналиные складки — прямые при вертикальном или наклонном при наклонном положении кливажа; непостоянство направлений и углов падения кливажа — на простые широкие складки; места изменения направления падений — на положение осей складок.

5. Постоянство простираия кливажа указывает на однообразие структуры изученной площади, разные направления кливажа в различных частях района — на разные направления складчатых структур. Изучение кливажа может помочь установить различные структурные зоны и их соотношения, в том числе тектонические соотношения.

Изучение кливажа в кернах буровых скважин может дать важный материал для суждения о структуре изучаемого месторождения и района. Наклон (угол падения) кливажа в кернах позволяет судить о положении осевых плоскостей складок и типе складок: если кливаж вертикален, то осевые поверхности складок будут вертикальными, если кливаж наклонный — и осевые поверхности складок будут наклонными, а складки являются опрокинутыми. Угол между кливажем и слоистостью укажет, какую часть складки пересекла скважина: если кливаж перпендикулярен к слоистости, то скважина пересекла замок складки, если наклонен — крыло складки. В тех случаях, когда направление кливажа известно (если керн можно ориентировать) и на поверхности кливажа наблюдается след слоистости, может быть определено погружение шарнира складки. Если кливаж круче слоистости, можно предполагать нормальное залегание пород, если он положе слоистости — их опрокинутое залегание.

Изложенные примеры показывают значение кливажа для выяснения структуры района. Особое значение кливаж приобретает в мало обнаженных районах, так как даже небольшое обнажение, в котором наблюдаются кливаж и слоистость, находит свое место в структуре, а несколько изолированных обнажений позволяют уже делать выводы об общем типе структуры.

## ИЗУЧЕНИЕ СКЛАДЧАТЫХ СТРУКТУР

Складчатая структура не представляет собой какого-то беспорядочного нагромождения складок. Огромный материал, накопленный более чем за столетний период истории геологической съемки, показывает, что в складчатых структурах наблюдаются отчетливые закономерности. Эти закономерности позволили разработать определенную методику анализа и картирования складчатых структур.

В первом приближении все складчатые дислокации могут быть разделены на два основных типа.

Первый тип складчатости, известный под именем линейной складчатости, характеризуется:

1) непрерывностью развития в пределах данной складчатой области (складки непрерывно покрывают всю территорию);

2) равным развитием антиклиналей и синклиналей;

3) линейностью, т. е. наличием простирания, одинакового для серии складок (если простирание меняется, то не для одной, а одновременно для ряда соседних складок);

4) ориентированностью движения масс, что проявляется в закономерном и одинаковом на большой площади наклоне осевых поверхностей.

Второй тип складчатости, наиболее известный под именем платформенной или куполовидной складчатости, характеризуется противоположными свойствами, а именно: локальностью складок, неравным развитием антиклиналей и синклиналей, отсутствием правильного простирания складок и ориентированности в движении масс.

Рассмотрим первый тип складчатости. На рис. 18 в виде блок-диаграммы изображен пример линейных складок, представляющих собой

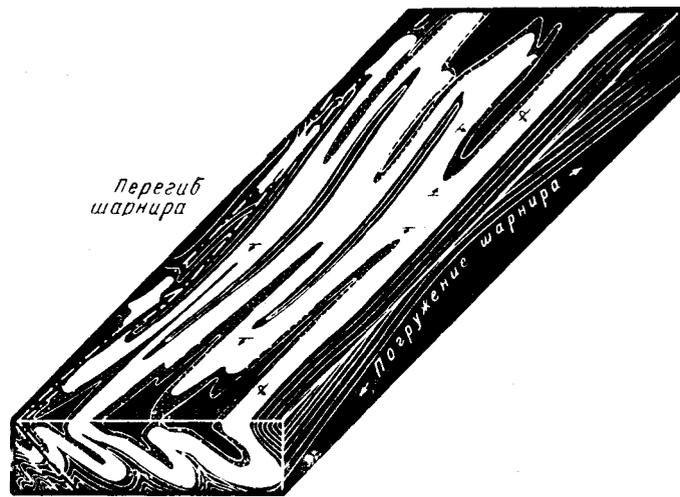


Рис. 18. Блок-диаграмма складок линейного типа

комплекс волнистых поверхностей, обладающих волнистостью не только в поперечном направлении (антиклинали и синклинали), но и в продольном (погружение и воздымание шарниров складок). Исходя из такого представления, можно подойти к расшифровке каждого складчатого комплекса, используя следующие особенности линейной складчатости:

1) перемежаемость антиклиналей и синклиналей: рядом с антиклиналью всегда должна существовать синклинали, а если в разрезе мы наблюдаем две синклинали (без промежуточной антиклинали) или две антиклинали (без промежуточной синклинали), то это означает, что данные структуры приведены в ненормальное соприкосновение (тектонический контакт);

2) параллельность смежных складок: если удалось установить определенное простирание какой-то складки, то соседняя складка будет иметь такое же простирание;

3) одинаковое расположение в пространстве шарниров смежных складок: установив, например, погружение шарнира синклинали складки к югу, мы можем с большой уверенностью предполагать, что шарнир соседней антиклинали будет также погружен к югу;

4) одинаковый наклон осевых поверхностей, характерный для всего комплекса складок данного района<sup>1</sup>.

Если же простирание двух смежных складок не параллельно, шарниры их наклонены в разные стороны или осевые поверхности разнообразно ориентированы, то геолог-съемщик должен задать себе вопрос, чем это вызвано, и собрать материал для объяснения такой ненормальности.

Находясь на обнажении и учитывая элементы залегания пород, геолог должен представить себе, какая часть складки расположена в данном месте, должен попытаться решить (хотя бы предположительно), как изучаемое обнажение увязывается с соседним, ранее изученным, какие пласты (более молодые или более древние) ожидают его впереди, и т. д. Только при этом геологическая съемка становится целеустремленной и не сводится к механической регистрации обнажений.

Как уже упоминалось, с самого начала работ надлежит обратить внимание на поиски опорных горизонтов, легко распознаваемых в полевой обстановке по различным признакам (по цвету пород, вещественному составу, окаменелостям, сопротивляемости выветриванию и пр.).

По опорным горизонтам устанавливается связь различных разрезов друг с другом, что в значительной степени облегчает и уточняет полевое картирование.

Представим себе, что такой опорный горизонт, различно залегающий, встречен в семи (1—7) обнажениях (рис. 19). Путем сопоставления и увязки между собой этих обнажений, выявляются: 1) антиклинальный характер складки; 2) ее северо-восточное простирание, 3) ее погружение на северо-восток.

На основании полученных данных можно высказать следующие предположения: 1) рядом, примерно по линии АБ, будет расположена синклинали; 2) простирание последней будет также северо-восточное; 3) она будет погружена на северо-восток, т. е. в точке 8 пласты будут иметь северо-западное простирание; 4) в точке 6 залегание пласта не нормальное, а опрокинутое, следовательно и сама складка относится к несимметричному типу. Таким образом, мы не только устанавливаем контур изучаемой складки, ее простирание и погружение шарнира, но, исходя из общих закономерностей складчатых структур, можем предвидеть, куда погружена и как будет ориентирована в пространстве предполагаемая соседняя синклинали. В этой возможности предвидения и заключается смысл научного исследования, обеспечивающего правильность производства поисков и разведки полезных ископаемых.

Наиболее точно и достоверно устанавливается геологическое строение района при геологической съемке методом прослеживания контактов (или опорных горизонтов) по простиранию. При протягивании горизонтов по простиранию систематически, шаг за шагом, устанавливаются все изменения залегания пластов как в плане, так и в отношении крутизны их падения, благодаря чему от геолога не ускользают никакие детали тектоники.

Примером геологической съемки по простиранию может служить классическая работа донецких геологов, работавших под руководством Л. И. Лутугина. Как известно, Донецкий бассейн сложен мощной

<sup>1</sup> Последнее не относится только к веерообразному типу складок, осевые поверхности которых наклонены в разные стороны.

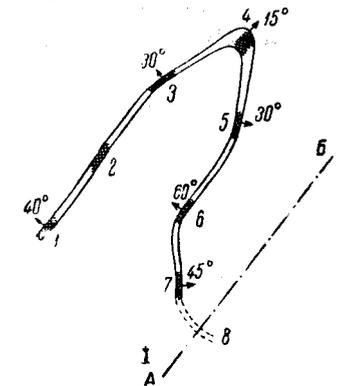


Рис. 19. Составление геологической карты по отдельным обнажениям

(в несколько километров) песчано-сланцевой толщей, включающей несколько сотен пластов песчаника, свыше 100 пластов известняка и до 200 пластов угля. Известняки и песчаники, как породы, более противостоящие размыву, образуют на поверхности «гривки» (рис. 20), по которым нетрудно проследить поведение пласта в плане. Но литологически все песчаники, а также известняки сходны между собой, и в Донецком бассейне по существу мало опорных горизонтов, обладающих признаками, по которым их легко было бы отличить от остальных. Поэтому при отождествлении пластов использована характерная для них последовательность; например, известняк  $K_1$  характерен тем, что под ним имеются три пласта угля, а над ним — два пласта грубозернистых песчаников. Можно было бы привести и ряд других характерных ассоциаций пластов, использованных в Донецком бассейне в качестве «опорных горизонтов».



Рис. 20. Вид с птичьего полета на один из участков Донецкого бассейна (с разрезом)  
Рисунок П. И. Степанова

Таким образом, прослеживаемый пласт, если он скрылся под наносы, в другом месте может быть узнан только по совокупности с другими пластами. Работа в этом случае идет все время в двух направлениях: в протягивании пластов по простиранию и в измерении нормальных разрезов вкрест простирания для определения мощностей и взаимного расположения пластов. Последнее необходимо не только для выявления «опорных горизонтов», но и в целях изучения фациальных изменений, происходящих в свите.

Задача геологической съемки относительно проста, пока нет тектонических разрывов и пласты хотя и с пропусками, но наносятся на карту один параллельно другому. При тектонических разрывах возникает трудная задача найти их продолжение по другую сторону разрыва. Снова приходится проводить кропотливое измерение разрезов и сопоставление их друг с другом.

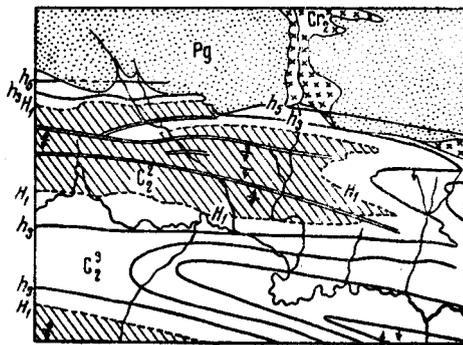


Рис. 21. Геологическая карта одного из участков Донецкого бассейна

На рис. 20 показан вид с птичьего полета небольшого участка Донецкого бассейна, а на рис. 21 — геологическая карта подобного же участка. Сопоставляя эти рисунки, можно представить, насколько была бы облегчена, ускорена и уточнена работа донецких геологов, если бы в их распоряжении имелись аэрофотоснимки, объективно запечатлевшие сложный рисунок пластов, определение изгибов которых требовало прежде столько труда: их приходилось «выхаживать» по гривкам.

При изучении складчатых структур мы сталкиваемся с простиранием слоев различных направлений. Конечно, в линейно вытянутых структурах будут преобладать замеры, отвечающие основному простиранию складок, и простирания других направлений, в частности перпендикулярных, будут редки. В геологической литературе замеры подобных простираний нередко считают «случайными», «не характерными». Между тем они весьма ценны для решения ряда геологических вопросов.

Замеры, перпендикулярные к основному направлению складчатости, могут относиться к местам замыкания слоев, т. е. местам погружения шарниров складок (см. рис. 18). На крыльях складок, как известно, может наблюдаться не только нормальное, но и опрокинутое залегание пластов, погружение же шарниров обычно бывает пологим, без явлений опрокидывания. Отсюда вытекает важное правило: если шарнир складок не горизонтален, то он погружается в сторону молодых пород. Используя это правило, геолог может установить на участках погружения складок истинную последовательность слоев по их падению. Это правило дает возможность составить стратиграфический разрез даже в условиях изоклиальной складчатости с круто поставленными крыльями, так как и в этом случае в области погружения шарниров пласты будут наклонены более или менее полого и по их падению (рис. 22) можно отличить антиклиналь от синклинали, а следовательно, более древние породы от молодых. Таким образом, участки, где складки погружаются, являются для геолога наиболее ценными, а замеры «случайных» и «не характерных» простираний оказываются важнее других замеров. Нужно иметь в виду, что, если замер элементов залегания пласта сделан точно и в его достоверности нет никаких сомнений, это залегание должно найти свое место в складчатой структуре района, каким бы противоречивым с первого взгляда оно ни казалось.

При геологической съемке важно уметь использовать данные о погружении шарнира для построения разрезов на глубину. Рассмотрим это на следующем примере. На рис. 23 изображена синклираль, погружающаяся под углом  $15^\circ$ . При составлении поперечного разреза по линии I—I глубина складки будет показана неверно, если мы учтем только падение крыльев складки. Чтобы правильно построить разрез, необходимо

использовать данные о погружении шарнира. На рис. 23 изображена синклираль, погружающаяся под углом  $15^\circ$ . При составлении поперечного разреза по линии I—I глубина складки будет показана неверно, если мы учтем только падение крыльев складки. Чтобы правильно построить разрез, необходимо

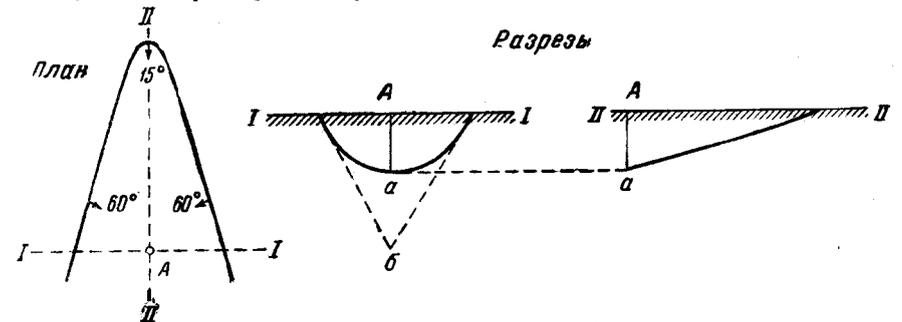


Рис. 23. Пример построения разрезов на глубину с использованием данных о погружении шарнира складки

использовать данные о погружении шарнира. На рис. 23 изображена синклираль, погружающаяся под углом  $15^\circ$ . При составлении поперечного разреза по линии I—I глубина складки будет показана неверно, если мы учтем только падение крыльев складки. Чтобы правильно построить разрез, необходимо

димому учесть падение шарнира складки, для чего сделать вспомогательный продольный разрез II—II. Сопоставляя эти два разреза, глубину замыкания слоев следует показать в точке *a*, а не в точке *b*.

Точно так же, зная наклон шарниров для складок, показанных на рис. 24, и делая вспомогательные разрезы вдоль шарниров по линиям I—I, II—II и III—III, мы можем вычислить глубину залегания пласта в точках *a*, *b*, *v* и на основании этих графических расчетов построить поперечный разрез по линии IV—IV.

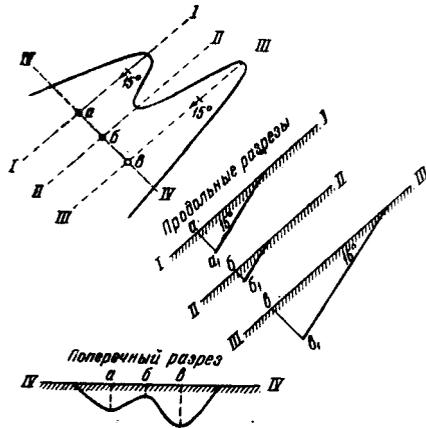


Рис. 24. Второй пример построения разрезов на глубину

Можно рекомендовать еще следующий метод построения разрезов на глубину. Допустим, что мы имеем погружающуюся антиклинальную

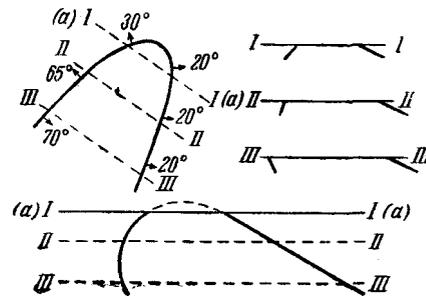


Рис. 25. Анализ строения складки на глубину по данным поверхности

складку, разрез которой нужно дать по линии *a—a* (рис. 25). Строя ряд разрезов по направлению поднятия складки, мы по данным поверхности получаем представление о более глубоких частях этой складки. Совмещая их в разрезе *a—a*, определим залегание слоев в этом месте на глубине. Если бы мы строили такую складку на глубине только по данным разреза I—I, мы получили бы пологую, почти симметричную складку. Данные других разрезов (II—II, III—III), вскрывающих ту же складку в более глубоких ее частях, вследствие поднятия шарнира дают несимметричную наклонную складку (рис. 25, низ). Этот метод, конечно, нельзя считать точным (залегание слоев по простиранию может измениться), но практически для построения схематических разрезов он вполне применим.

Таковы основные особенности картирования линейных складчатых структур с присущими им закономерностями. Складчатость куполовидного типа не имеет этих закономерностей, и при ее изучении геологу необходимо вырисовывать одну куполовидную складку независимо от другой, особо наблюдая за изменением углов наклона крыльев и за изменением мощности одних и тех же слоев в разных частях складки, тщательно следя за направлением границ различных слоев, учитывая возможность мелких (характерных для этого типа складок) местных тектонических разрывов, пропустить которые гораздо легче, чем разрывы, протягивающиеся в линейных складках обычно на значительные расстояния.

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ

Под тектоническим контактом принято понимать поверхности разрывов, по которым произошло перемещение одних пород по отношению к другим. Таким образом, с тектоническим контактом прежде всего связано представление о трещине или о системе трещин, разделяющих породы, пришедшие в соотношение, отличное от их первоначального (ис-

ходного) положения. При геологической съемке эти трещины, представляющие собой важнейший элемент геологической структуры, должны быть тщательно изучены, прослежены и нанесены на карту.

Все разнообразие таких трещин в первом приближении можно сгруппировать в два основных класса:

- 1) трещины скола (срезания), возникающие в условиях сдвигания;
- 2) трещины разрыва, возникающие при растяжении.

Трещины первого класса представляют собой поверхности, более или менее сдвинутые, сглаженные. Породы, соприкасающиеся по этим трещинам, плотно пригнаны друг к другу. Нередко такие трещины сопровождаются милонитами.

Трещины второго класса, наоборот, в той или иной мере раздвинуты, т. е. обладают «свободным» пространством, которое в действительности в редких случаях остается зияющим и обычно заполнено новым (посторонним для переместившихся пород) веществом: магматическими, гидротермальными образованиями или брекчиями заполнения.

В полном соответствии с двумя классами трещин, следует различать два класса тектонических перемещений, происходящих по этим трещинам, а именно:

- 1) надвиги, возникающие одновременно со складчатостью;
- 2) разломы, возникающие независимо от складчатости.

Хотя тип трещин и служит важным признаком для определения характера перемещений, но в поле не всегда бывает возможно отличить трещину растяжения от трещины скалывания. Например, при сбросе случается, что одна стенка примыкает непосредственно к другой и дает при своем движении «зеркало скольжения», выглаженная поверхность которого может быть ложно истолкована как трещина сдвигания. Кроме того, бывают случаи, когда трещины, возникшие в одной обстановке, в дальнейшем используются для перемещений, происходящих в совершенно других условиях. Поэтому при определении типа перемещений следует учитывать совокупность различных признаков.

Перечислим прежде всего общие диагностические признаки тектонических контактов.

Начинающие геологи нередко полагают, что сброс, а тем более надвиг должны как-то особенно эффектно выглядеть в обнажении, что в зоне сбросов или надвигов они найдут какой-то особо «выигрышный» разрез. Но такого геолога обычно ожидает разочарование. Как правило, линии тектонических контактов, особенно сбросов (в силу раздробленности пород), подвергаются усиленному размыву, и в соответствующих местах образуются оплывины, промоины, долинки, маскирующие тектонический контакт. Малоопытный геолог склонен также преувеличивать значение тех разрывов, которые ему удастся наблюдать в обнажении и которые он старательно пытается отразить на геологическом разрезе, хотя на карте благодаря незначительной амплитуде перемещения эти разрывы совершенно не выявляются.

Доказать, что данная трещина действительно является поверхностью тектонического контакта, можно только в том случае, если вдоль нее наблюдается смещение пластов. Это может быть иллюстрировано следующим примером (рис. 26), из которого видно, что в одном случае дайка заполнила сбросовую трещину, а в другом — трещину, не сопровождающуюся смещением пластов.

Основное требование, которому должен удовлетворять любой тектонический контакт (будь то сброс или надвиг), сводится к тому, чтобы на карте, а следовательно и на местности, прослеженные горизонты или свиты, обрываясь у какой-то линии, примыкали к различным горизонтам или свитам, лежащим по другую сторону этой линии (рис. 27). Таким образом, если прослеживаемые горизонты или свиты не выходят на поверхность там, где их следует ожидать (исходя из направления

простираются), и если они неожиданно исчезают, упираясь в другие породы, мы должны предполагать наличие тектонического контакта. Однако, потеряв какие-то породы, необходимо исчерпать все возможные другие объяснения такого исчезновения. В частности, пачки пластов или свит могут теряться, уходя под более молодые отложения, но тогда «потерянные» породы на карте придут в соприкосновение не с разными, а с одним и тем же пластом или свитой, являющейся базальной свитой молодых отложений (рис. 28).

Объяснить неувязку геологических данных при составлении карты<sup>1</sup> тектоническим нарушением — самый легкий, но в то же время опасный путь: он нередко приводит к полному искажению действительной геологической структуры, т. е. к браку. Поэтому надо взять за правило не наносить на карту тектонический контакт до тех пор, пока не будет полной уверенности в том, что он действительно существует. Нельзя при этом впадать и в противоположную крайность — в «боязнь» тек-

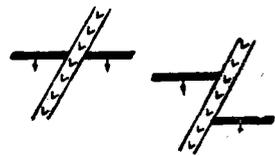


Рис. 26. Дайка (в плане) по трещине, не сопровождающейся перемещением пластов (слева), и дайка, идущая по сбросовой трещине (справа)

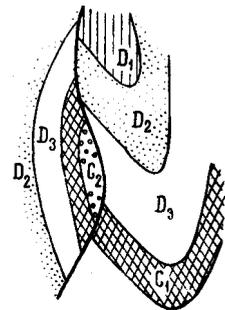


Рис. 27. Пример тектонического контакта (в плане)

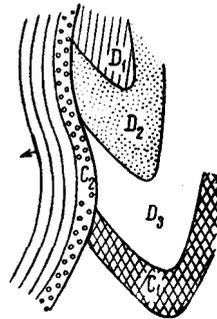


Рис. 28. Пример несогласного контакта (угловое несогласие в плане)

тонических нарушений. Тектонические контакты, по условиям обнаженности, не всегда удается наблюдать непосредственно. Тогда их приходится проводить на карте условно (пунктирной линией), на основании лишь одних геологических соображений. Тектонические контакты не только маскируются оплывинами, промоинами и т. п. (о чем говорилось выше), иногда они оставались незамеченными при самых тщательных наблюдениях в условиях детальных рудничных съемок. В таких случаях приходилось расширять закрепленные участки горных выработок, чтобы удостовериться в наличии в определенных местах нарушений, существование которых устанавливалось при последующем анализе геологических материалов.

Следовательно, когда геолог, прослеживая по простиранию или намечая путем поперечных маршрутов простирание какого-то комплекса пластов или свит, теряет его в некоторой зоне, за пределами которой начинаются иные породы, он должен, сгустив сеть наблюдений, по возможности сузить ту зону, где должен находиться непосредственный контакт, постараться отыскать его и изучить. Найдя контакт, его следует прослеживать так же, как это делается в отношении любого геологического горизонта, т. е. либо по простиранию, либо методом поперечных маршрутов. Прослеживая тектонический контакт, изучая его в тех местах, где он обнажен, последовательно нанося на карту линию его выхода, геолог может получить достаточно данных, чтобы определить, имеет ли он дело с надвигом или со сбросом. Тщательное изучение тектонических контактов и вообще зон тектонических нарушений обязательно еще и потому, что именно с ними нередко бывают связаны рудные месторождения.

<sup>1</sup> Часто возникающую из-за неточности полевых наблюдений.

Приведем главные признаки различия сбросов и надвигов.

### Сбросы

1. Поверхности сбрасывателей всегда крутые, приближающиеся более или менее к вертикальному положению

2. Перемещение масс по сбросовой трещине происходит в общем более или менее вертикально. Внутренняя структура перемещаемых блоков при этом не нарушается, и мысленно, путем обратных движений, разорванная структура может быть приведена в полное совмещение

3. Простирание сбрасывателей не зависит от простирания складчатости. Сбрасыватели могут располагаться по отношению к складке как угодно

4. Трещины сброса в той или иной мере раздвинуты и заполнены либо брекчией, либо продуктами гидротермальной деятельности, либо изверженными породами. Сбросовые трещины, контролируемые на дневной поверхности выходами подземных вод, опасны для горных выработок из-за возможности затопления

### Надвиги

1. Положение поверхности надвигов бывает разнообразным: от вертикального до горизонтального, что связано с волнистостью надвиговой поверхности. Падение надвигов в несимметричных складках обычно параллельно падению осевых поверхностей складок

2. Перемещение происходит в направлении, обратном основному падению поверхностей разрыва. Внутренняя структура участков, пришедших при надвиге в соприкосновение, может быть различной и не поддаваться никакой увязке

3. Простирание надвигов имеет тенденцию совпадать с простиранием складчатости. Система однообразных надвиговых поверхностей нередко разбивает складчатую структуру на чешую

4. Трещины надвига обычно сжаты и сопровождаются брекчиями и иногда милонитами. Поверхности надвигов, вдоль которых породы тесно пригнаны друг к другу, не столь опасны для горных выработок, как сбросы

Как видно из сказанного, среди пород, возникающих в зоне тектонических контактов, важно различать брекчии и милониты, из которых одни характерны для сбросов, другие — для надвигов.

Брекчии образуются в результате раздробления пород и состоят из угловатых кусков, разнообразно ориентированных в пространстве. Элементами брекчии являются именно куски пород, но не отдельных минералов. В дальнейшем угловатость кусков вследствие взаимного трения может сглаживаться. В конце концов куски могут приобрести даже округлую форму, а более тонкий материал, истираясь, может дать известное количество цемента. Однако основной массой цемента брекчии обыкновенно является привнесенное вещество (отложение минерализованных растворов), а произвольное (не ориентированное) положение обломков в пространстве сохраняется даже в том случае, если они потеряли свою первичную угловатость (рис. 29).

Милониты образуются в результате раздавливания и расщепления пород на линзообразные куски, одинаково ориентированные в пространстве, разделенные криволинейными трещинами скольжения. В дальнейшей стадии расслоения среди тонко истертой массы нераздробленные реликты продолжают обладать линзовидной формой. Процесс, достигший своего предела, может быть охарактеризован как развальцевание породы. Образующаяся в результате структура напоминает флюидалные структуры лав (рис. 30). Все линзовидные реликты (глазки отдельных минералов) ориентированы в направлении общего истечения породы, но и они постепенно истираются и в конце концов исчезают. Таким образом, милонит состоит из перетертого материала пород, попавших в зону надвигания, без заметного количества постороннего, привнесенного вещества.

При прослеживании надвигов по простиранию следует иметь в виду возможность их исчезновения: надвиги возникают внутри складок, посте-

пенно увеличивая амплитуду перемещения, они достигают наибольшей величины и, наконец, при постепенном уменьшении размаха перемещения могут затухать в пределах складки.

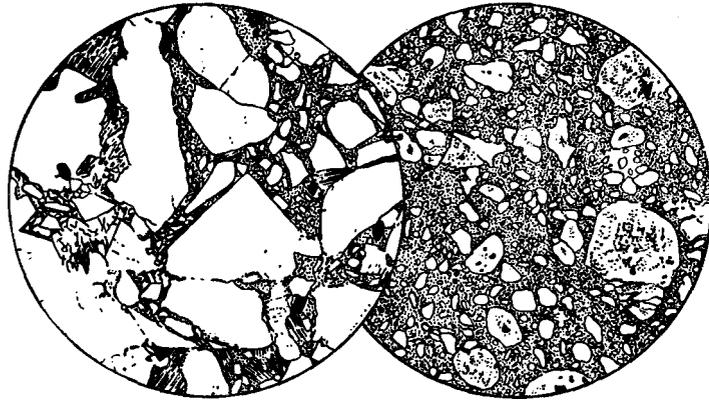


Рис. 29. Брекчия: слева — типичная брекчия; справа — более интенсивное раздробление с образованием так называемой цементной структуры

Считается, что простирание надвигов обычно параллельно простиранию складок. В общем случае это верно, но исключения из этого правила нередки: надвиговые поверхности могут пересекать складки косо и даже поперек (рис. 31).

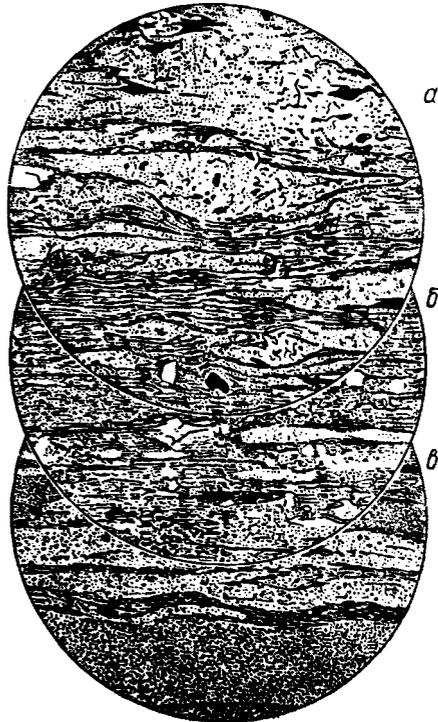


Рис. 30. Стадии мионитизации  
а — бледно окрашенные линзы представлены раздробленными, но не истертыми до конца остатками породы; б — остатки породы истерты сильнее; в — линзы совершенно исчезают

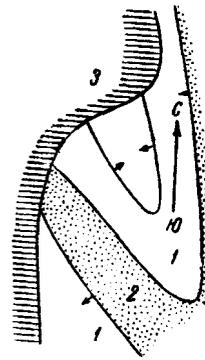


Рис. 31. Надвиг, косо пересекающий пласты в плане  
1 — угленосные отложения; 2 — нижний карбон; 3 — средний девон

В связи с волнистостью поверхности надвигов линии тектонических контактов на карте могут приобретать самые прихотливые и даже замкнутые контуры. Такая форма тектонических контактов требует от геолога наибольшей тщательности и точности наблюдений, так как

сложно изогнутые и замкнутые линии тектонических контактов указывают на наличие в районе покровной структуры.

Когда встречено ненормальное соприкосновение двух тектонических комплексов, перед геологом прежде всего возникает вопрос о том, какой

из этих комплексов является верхним и какой — нижним. Разобраться в этом можно только после определения направления падения поверхности надвига (рис. 32). Прослеживание замкнутого или прихотливо изогнутого тектонического контура обязательно ведется по простиранию, независимо от масштаба съемки. Прослеживая шаг за шагом такой контакт и выявляя контур тектонического пятна, а также

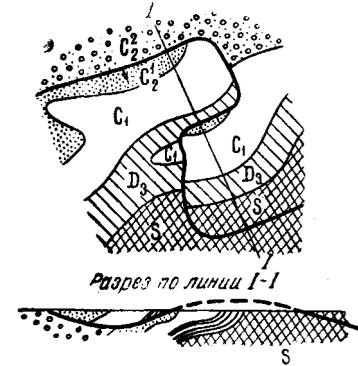


Рис. 32. Пример волнистой поверхности надвига (при покровной структуре) в плане и на разрезе

падение поверхности тектонического контакта, геолог получает возможность определить, имеет ли он дело с тектоническим останцем (падение тектонического контакта внутрь контура), или же с тектоническим окном (падение тектонического контакта в обратную сторону). Основной принцип геологической съемки складчато-

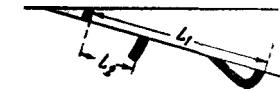


Рис. 33. Пример неоднозначного решения задачи на определение амплитуды надвига

покровной структуры должен заключаться в том, чтобы стратиграфия и тектоника каждого участка, ограниченного тектоническим контуром, изучались независимо от тектоники и стратиграфии соседних участков, лежащих вне этого контура.

Определение амплитуды перемещения в надвигах всегда представляет трудную задачу, обычно с неоднозначным решением (рис. 33). Еще большая условность характерна для определения амплитуд крупных перемещений (типа шарриажей), величина которых устанавливается путем сопоставления фаций отложений одного и того же возраста, расположенных по разные стороны надвигового шва.

Определение амплитуды сброса представляет более простую задачу, хотя не всегда эта задача методически правильно решается геологами. Иногда амплитуду определяют по мощности пластов, выпавших при сбросе. Этот метод можно применять только при изучении сбросов в горизонтальных отложениях, и он совершенно недопустим для дислоцированных (наклонных) пластов. В последнем случае необходимо определять амплитуду сброса либо графически (строя разрез вкостр простирания пластов), либо на основании вычисления по формуле:

$$h = l \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $h$  — вертикальная амплитуда;

$l$  — кратчайшее расстояние между смещенными пластами;

$\alpha$  — угол падения пластов.

Эта формула применима только для наклонных пластов, где угол  $\alpha$  больше нуля.

## ГЛАВА VI

### НАБЛЮДЕНИЯ В ОБЛАСТЯХ РАЗВИТИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

#### ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Для того чтобы в полевой геологической работе сделать наблюдения, представляющие ценность, необходимо, по словам Чарльза Дарвина, «некоторое знакомство с литературой, внимание и тщательное размышление». «Вероятно, лучший метод для достижения такой способности к наблюдению, — говорит Ч. Дарвин, — заключается в выработке привычки искать объяснения всякому геологическому явлению и вопросу, с которым сталкиваешься, ибо один вопрос ведет к другому, и это в то же время придает интерес исследованиям и приводит исследователя к сравнению того, что находится в данный момент перед его глазами, со всем тем, что он читал или видел раньше».

Внимание и тщательное размышление требуются при полевых наблюдениях в областях осадочных толщ не в меньшей степени, чем где-либо, поскольку:

1) на правильном определении возраста, природы, происхождения и условий залегания осадочных пластов зиждутся любая геологическая карта, колонка, геологический профиль, любое геологическое полевое исследование;

2) с изучением природы и генезиса осадочных толщ неразрывно связан прогноз поисков полезных ископаемых осадочного происхождения (нефти, горючих сланцев, угля, торфа, осадочных руд, месторождений солей, керамического, цементного, строительного сырья и др.), а эти полезные ископаемые занимают первое место среди всех богатств земных недр и труднее других распознаются в поле по внешним признакам.

Наблюдения в областях осадочных толщ должны, как правило, основываться на послонных описаниях состава осадочных пород и порядка напластования в естественных выходах и в горных выработках, а также по керну буровых скважин.

В каждом отдельном месте и в совокупности наблюдения должны иметь цель документально выяснить вещественную природу, условия образования и геологическую историю осадочных пластов и толщ как необходимую научную основу для поисков полезных ископаемых.

Особенно важно всесторонне изучить, обоснованно и верно описать в полевом дневнике, правильно показать на карте и в разрезах такие места, где наиболее ясно вскрываются последовательность напластования, генезис, возрастные и структурные взаимоотношения осадочных толщ, а также их отношение к изверженным и метаморфическим породам. Особо подробного изучения и документации за-

служивают места с признаками присутствия полезных ископаемых.

В полевых описаниях и на этикетках к образцам следует тщательно отделять наблюденное и собранное в коренном залегании, из самих пластов от замеченного и найденного во вторичном залегании (в осыпях, в элювии, в трещинах отдельности). Среди обломочных пластов надлежит отчетливо отделять найденное в зернах, гальках, включениях от содержащегося в цементе или в заполняющем веществе конгломерата, брекчии.

В полевых записях на каждом пункте наблюдений должны быть отмечены: 1) место, положение и тип выхода; 2) наблюдаемый порядок напластования, состав, мощности и главные отличительные свойства пластов с характеристикой органических остатков в них; 3) признаки минерализации и оруденения; 4) условия залегания и взаимоотношение пластов в разрезе и в плане.

Каждый пласт и каждая разновидность породы в осмотренном выходе должны в полевых записях, на этикетках, на полевых зарисовках и чертежах получить возможно более точное и краткое полевое определение (по вещественному составу, по структуре и текстуре, по очевидным генетическим особенностям).

В послонных описаниях для каждого пласта должна быть замерена мощность и приведена сжатая характеристика главных отличительных и генетически важных свойств: слоистости; окраски; обычных размеров обломочных зерен, их состава и степени сортировки; характера границ и особенностей верхней и нижней поверхностей пласта; особенностей распределения, систематического состава, экологического характера и сохранности органических остатков (с указанием надежно распознаваемых в поле групп, родов и видов ископаемых животных и растений, определяющих морской, солоноватоводный, пресноводный или наземный характер отложений); характера и распределения конкреций и других текстурных особенностей; степени сцементированности породы; характерных форм отдельности; отличий по излому, запаху, весу и другим физическим свойствам; особенностей минерализации; признаков оруденения, битуминозности, угленосности, соленосности.

Решающее значение для всех дальнейших сопоставлений и выводов, делаемых в полевых условиях, имеют правильность и точность полевых определений вещественного состава и условий залегания осадочных толщ. Добиться высокой точности полевых определений вещественного состава пород при современной оснащенности экспедиций и отрядов можно с помощью несложных походных приборов и реактивов, применяя в полевых условиях: справочники-определители; литологическую лупу (с поляроидом); фарфоровую пластинку и набор игл разной твердости (для определений минералов по характеру черты); разбавленную соляную или твердую лимонную кислоту, реактивы на фосфор, растворители для битумной вытяжки (бензол); набор реактивов в порошках и ступки с пестиком для полевого качественного химического анализа по методу растирания; набор органических красителей (с метиленовой синькой и бензидином) для определения состава глинистых минералов и пр.; набор с паяльной трубкой; эталонную коллекцию главных осадочных пород и шлиховых минералов.

Не меньшее значение для успешности съемочных и поисково-разведочных работ в осадочных толщах имеют тщательное коллектирование и полевое биостратиграфическое и палеоэкологическое изучение ископаемых органических остатков, условий их залегания, их распределения и сохранности в пластах, о чем уже упоминалось выше. Надо помнить, что «немые» толщи, где органические остатки еще не найдены, остаются в значительной степени «немыми» или «косноязычными» и в отношении их фациальной характеристики. Ископаемые органические остатки и оса-

дочные породы непременно должны изучаться совместно, по принципу мичуринской биологии, исследующей взаимоотношения организмов и среды их обитания.

Надежное определение условий залегания осадочных пластов и толщ (коренного или подвергнувшегося позднему поверхностному смещению, переотложению; ненарушенного, первично-наклонного или подвергнувшегося первичным смятиям во время отложения; тектонически нарушенного нормального или опрокинутого, с тщательно зафиксированными азимутами и углами падения) в каждом изучаемом месте является основой, без которой не могут быть сделаны никакие дальнейшие стратиграфические и фашиально-палеогеографические обобщения.

Выяснение истории развития основных структурных элементов страны и тектонического режима каждой эпохи осадконакопления и размыва представляет обязательную совместную задачу литологического, стратиграфического и тектонического изучения района, необходимую также для правильного предсказания и направления поисков полезных ископаемых. При изучении взаимоотношений и условий залегания осадочных толщ следует стремиться на месте определить характер, время образования и распространение ненормальных (тектонических) контактов, угловых несогласий и наиболее значительных перерывов в отложении осадков. Заслуживают внимания также особенности верхних и нижних поверхностей напластования (как признак нормального или опрокинутого залегания и как показатель межпластовых размывов или неравномерной скорости отложения), перерывы и несогласия, обнаруживаемые между толщами и пластами (как в разрезе, так и в плане). На ненормальные контакты должно быть обращено особое внимание.

Описание выходов надо сопровождать схемами и эскизами, фотоснимками и зарисовками с указанием масштаба и с примерной разметкой положения, мощностей и индексов пластов. На зарисовках желательно изображать типичный профиль обнажения (рис. 34).

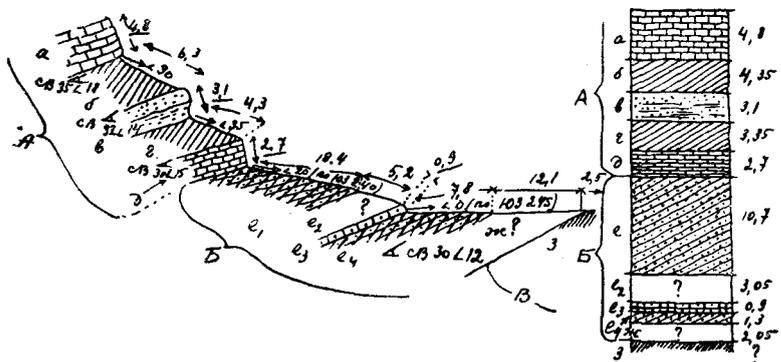


Рис. 34. Зарисовка разреза в полевой книжке. Справа — составленная по ней колонка. По В. Н. Веберу

При наличии закономерно повторяющихся слоев, при явно ритмическом строении толщи, особенно в случае толщ большой мощности (например во флише), необходимо выявлять обычный состав и порядок смены (ритмы) разновидностей породы. Такой анализ особенностей и типичной последовательности составных частей толщи может ускорить, уточнить и систематизировать описание.

В поле должны составляться подробные литолого-стратиграфические колонки каждой свиты, а затем и сводная колонка всего разреза. На литолого-стратиграфических колонках и на профилях непременно должны быть в соответствующих местах проставлены номера отдельных описанных выходов, являющихся их фактическим обоснованием.

На профилях в складчатых областях следует, кроме того, помечать фактически наблюдаемые элементы залегания и признаки опрокинутого или нормального положения пластов.

Полевые описания и чертежи должны опираться на вещественные доказательства—образцы, систематически собираемые с расчетом на дальнейшее лабораторное исследование и анализы. На полевых этикетках обязательно надо указывать имя взявшего образец, дату, местонахождение, полевой номер выхода и пласта, определение породы с непременным упоминанием тех особенностей, какие документируются данным образцом, а также тех испытаний или анализов, для которых образец предназначается.

По новейшей методике фашиально-литологических исследований рекомендуется, по возможности, отбирать, даже в условиях горизонтального ненарушенного напластования, ориентированные (меченые) в коренном залегании образцы, с отметками на них: верх — низ, С—Ю.

В настоящем разделе о наблюдениях в областях осадочных толщ, согласно с установленным планом данного методического руководства, рассматриваются главным образом самые общие приемы и способы наблюдений, применимые почти повсеместно при изучении любой осадочной толщи и породы.

Интересующиеся более узкими специальными методами литологических наблюдений, применяемыми при изучении одного какого-нибудь типа пород или пород определенной степени уплотненности (например, песков, песчаников, кварцитов, флиша, соляных толщ и т. д.), должны обратиться к соответствующим источникам (см. список литературы).

## ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НАД СОСТАВОМ И СТРУКТУРАМИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Осадочные породы образуются в результате различных процессов: осаднения обломочного материала, выпадения из растворов химических веществ и жизнедеятельности организмов. Одни типы пород, например известняки, могут образовываться всеми тремя способами, другие, например соли или угли, — преимущественно одним. Особый тип представляют элювиальные продукты разрушения пород, накапливающиеся близ поверхности земли благодаря выветриванию.

В связи с разнообразием способов образования осадочных пород в них наблюдаются обычно:

1. Унаследованные составные части, существовавшие до образования данной осадочной породы и представленные оставшимися от разрушения и принесенными извне обломочными зернами. Эти частицы обычно образуются при выветривании материнских пород и значительно реже представляют собой продукты вулканических извержений. Как исключение, в осадочных породах встречаются минералы космического происхождения (космическая пыль).

2. Первичные (сингенетические) составные части, образовавшиеся во время отложения.

3. Вторичные (эпигенетические) составные части, образовавшиеся после осаднения, в процессе дальнейших изменений (диагенетических превращений) осадка и в результате окаменения, выветривания и метаморфизма породы.

Между первичными и вторичными составными частями породы нередко нельзя провести резкую границу, особенно в отношении компонентов, возникших в начальные стадии превращения осадка (во время раннего диагенеза).

Кроме того, в осадочных породах встречаются различные органические остатки, которые по времени захоронения могут быть не только

сингенетическими, но иногда и унаследованными (переотложенными) частями осадка.

Общепризнанной классификации осадочных пород по генезису в настоящее время еще не существует. Наиболее удачно подразделение осадочных пород, предложенное М. С. Швецовым, который выделяет три группы: обломочные породы, глинистые породы и породы химического и органического происхождения.

В группу обломочных пород включаются также пирокластические породы, в составе которых значительную роль играет вулканогенный материал. Пирокластические образования представляют собой своеобразное связующее звено между осадочными и эффузивными породами.

Обломочные породы через алевриты теснейшим образом связаны с глинистыми отложениями. Благодаря увеличению количества цемента и органических остатков они переходят также в некоторые типы биохимических пород.

Типичные обломочные породы подразделяются в первую очередь по величине слагающих их обломков. По этому признаку различают: грубообломочные породы, сложенные более чем на половину из обломков более 1 мм в поперечнике, песчаные породы, состоящие более чем на половину из зерен от 1 мм (или, как некоторые принимают, от 2 мм) до 0,1 мм, и алевритовые породы, сложенные преимущественно зернами от 0,1 до 0,01 мм. Породы, состоящие более чем на 50% (по весу) из частиц меньше 0,01 мм, относятся уже к группе глинистых.

Наблюдаются породы, в которых ни одна из групп песчаных, алевритовых и глинистых частиц не достигает 50%. Общепринятой номенкла-

туры для таких обломочных пород пестрого разнородного состава еще не выработано. Их можно называть прежде всего по сочетанию главных фракций размеров (например, щебнисто-галечные глины, сильно глинистые гравийно-песчаные галечники, алевро-псаммиты, алевро-пелиты и пр.).

При характеристике зернистости обломочных пород к их названию добавляется прилагательное с окончанием «ый» для частиц, образующих значительную примесь — в размере более 25%. Например, песчаный алеврит — это порода, сложенная более чем на 50% частицами 0,1—0,01 мм и содержащая, помимо того, свыше 25% частиц 1,0—0,1 мм. Наименование частиц, образующих менее значительную примесь — в размере 5—25%, входит в название породы с окончанием «истый» или «истая» (например, алевритистый песок, пылеватый алеврит и т. д.). Незначительная примесь обозначается уже особым словом (например, песок с галькой и т. д.).

Грубообломочные, песчаные и алевритовые породы подразделяются по наличию цемента и величине слагающих их обломков на более мелкие группы. Схема классификации обломочных пород дана в табл. 5. При подразделении грубообломочных пород необходимо также учитывать окатанность частиц.

Обычное подразделение глинистых пород (табл. 6, по М. Ф. Викуловой) основано на их зернистости и, в частности, на необходимости различать среди частиц меньше 0,01 мм две группы: пылеватых (размером от 0,01 до 0,001 мм) и глинистых (размером меньше 0,001 мм). Основанием для такого разделения является резкое, скачкообразное изменение

Таблица 5

Класс обломочных частиц	Размеры обломков в мм	Группа пород	Наименование обломков данной величины
I	1000	Грубообломочные породы	Глыбы
II	1000—500 500—250 250—100		Крупные валуны Средние „ Мелкие „
III	100—50 50—25 25—10		Крупная галька Средняя „ Мелкая „
IV	10—5 5—2,5  2,5—1,0		Крупные гравийные зерна Средние „ „  Мелкие „ „ (грубые песчаные зерна)
V	1—0,5 0,5—0,25 0,25—0,10	Песчаные породы	Крупные песчаные зерна Средние „ „ Мелкие „ „
VI	0,10—0,05 0,05—0,025 0,025—0,010	Алевритовые породы	Крупные алевритовые частицы (тонкие песчаные зерна) Средние алевритовые частицы Мелкие „ „

Наименования пород			
рыхлых		цементированных	
с окатанными обломками	с остроугольными обломками	с окатанными обломками	с остроугольными обломками
Скопление глыбовых валунов	Скопление глыб	Глыбовые конгломераты	Глыбовые брекчии
Скопление валунов (крупных, средних, мелких)	Скопление остроугольных валунов (крупных, средних, мелких)	Валунные конгломераты (крупно-, средне- и мелковалунные)	Валунные брекчии (крупно-, средне- и мелкообломочные)
Галечники (крупно-, средне- и мелкообломочные)	Щебень (крупно-, средне- и мелкообломочный)	Конгломераты (крупно-, средне- и мелкогалечные)	Брекчии (крупно-, средне- и мелкообломочные)
Гравий (крупно- или среднезернистый)  Мелкозернистый гравий (грубозернистый песок)	Дресва (крупно- или среднезернистая) Дресва мелкозернистая (грубозернистый песок)	Гравийные конгломераты — гравийники (крупно-, средне- и мелкозернистые)	
Пески (крупно-, средне- и мелкозернистые)		Песчаники (крупно-, средне- и мелкозернистые)	
Крупнозернистые алевриты (тонкозернистые пески) Алевриты (средне- и мелкозернистые)		Крупнозернистые алевриты (тонкозернистые песчаники) Алевриты (средне- и мелкозернистые)	

Таблица 6

Название породы	Содержание частиц в %			
	<0,001 мм	0,001—0,01 мм	0,01—0,1 мм	>0,1 мм
Глина	30—70 и больше	70—30	До 5	—
Глина алевритистая	В сумме не менее 70		5—25	<5
Глина песчанистая	То же		<5	5—25
Глина песчаная	" "		<5	До 25

физических свойств частиц (липкости, пластичности, максимальной гигроскопичности и пр.), происходящее на рубеже размеров около 0,001 мм. Глины подразделяются также по характеру глинистых минералов (каолинитовые, монтмориллонитовые, бейделлитовые, гидрослюдистые и др.).

Подразделение осадочных пород органогенного и химического происхождения также производится в первую очередь по их составу (табл. 7).

Таблица 7

Группа пород	Преобладающий состав	Основные типы	Преобладающий способ образования
Аллитовые или бокситовые (глиноземистые) породы	Гидраты окиси алюминия	Латериты, бокситы	Накопление в коре выветривания, осаждение из растворов
Железистые породы	Окислы, их гидраты, карбонаты, сульфиды железа	Окисные и сернистые руды, сидериты, железистые хлориты	То же
Марганцовистые породы	Окислы, их гидраты, карбонаты марганца	Окисные и карбонатные породы	Осаждение из растворов
Кремнистые породы	Окись или гидрокись кремния	Диатомиты, трепелы, спонголиты, опоки, кремни, яшмы и кремнистые сланцы	Накопление органических остатков, осаждение из растворов
Фосфоритовые породы	Фосфаты кальция	Желвакообразные и пластовые фосфориты	Осаждение из растворов, накопление органического вещества
Карбонатные породы	Карбонаты кальция и магния	Известняки, доломиты, мергели	Накопление органических остатков, осаждение из растворов, накопление обломков более древних карбонатных пород
Соляные (сульфато-галонидные) породы	Хлористые и серно-кислые соединения кальция, натрия, магния и калия	Гипсы, ангидриты, каменная соль, калийно-магниевые породы	Осаждение из растворов
Горючие породы (каустобиолиты)	Углерод, углеводороды	Угли, нефть, горючие сланцы	Накопление и преобразование органических веществ

Существенное значение для еще более дробного подразделения каждого типа осадочных пород имеют их структурные и текстурные особен-

ности. Под структурой горных пород в широком смысле этого слова понимается совокупность признаков, определяемых морфологическими особенностями отдельных частиц и их пространственными взаимоотношениями.

В более узком понимании этого термина к числу структурных признаков относят те особенности породы, которые определяются размером, формой и характером поверхности слагающих ее зерен.

Особенности внешнего облика породы, определяемые характером взаимного расположения частиц, слагающих породу, — их ориентировку, равномерность распределения в породе и пр. — обозначают уже термином «сложение» или «текстура». Типичными структурными признаками являются зернистость осадочных пород и их пористость. Типичным текстурным признаком является слоистость.

Структурные особенности породы, содержащей мелкие зерна, вполне точно устанавливаются обычно под микроскопом. При сравнительной крупнозернистости породы ее структура вполне определяется и невооруженным глазом (например, в галечниках). Можно говорить соответственно о макроструктуре и микроструктуре осадочных пород.

Если раньше полевое изучение пород производилось лишь при помощи геологического молотка, перочинного ножа, лупы и раствора соляной кислоты, то в настоящее время геолог в поле применяет различные приемы химического анализа, наборы органических красителей, несложные приспособления для гранулометрического анализа и т. д. Внедрение простейших лабораторных методов определения состава пород в полевую работу геолога имеет очень большое значение, особенно при поисках полезных ископаемых осадочного генезиса, многие из которых трудно определяемы по своему внешнему виду.

#### ГРУБООБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Грубообломочные породы, помимо их зернистости (см. табл. 5), подразделяются также по петрографическому составу слагающих их обломков на мономиктовые (однородные, например чисто кварцевые), олигомиктовые (разнородные) и полимиктовые (весьма разнородные). Однородность состава галек и песчинок является хорошим показателем длительности и многократности перемыва обломочного материала, благодаря чему в конце концов сохраняются только обломки наиболее механически и химически стойких пород (кварца, кварцита, кремня).

Среди грубообломочных пород выделяют также внутриформационные и базальные разновидности. Внутриформационные грубообломочные породы, не связанные с длительными перерывами, обусловлены местными размывами и залегают внутри крупных стратиграфических комплексов. Базальные же типы возникают в периоды региональных размывов и лежат обычно непосредственно в основании осадочных формаций. Термином «базальный конгломерат» нередко злоупотребляли, применяя его без доказательств наличия регионального перерыва и несогласия.

Наиболее обычными представителями грубообломочных пород являются конгломераты, реже встречаются брекчии осадочного происхождения, значительная часть брекчий — тектонического происхождения.

Галечники подвергаются изучению в поле и в лаборатории. Прежде всего изучается их гранулометрический состав. При стационарных разведочных работах для этой цели применяют несколько сит-грохотов. При обычной полевой работе гальки разделяются по величине их длинной оси при помощи трех прямоугольных рамок размером  $12 \times 8$ ;  $6 \times 9$  и  $3 \times 4$  см. Применение этих трех рамок позволяет выделить до пяти фракций галек, в каждой из которых длинные оси галек распределяются

в определенных пределах. Содержание каждой фракции оценивается в процентах от общего количества галек (150—300 шт.), взятого для анализа.

Наиболее быстрый, упрощенный полевой способ определения среднего размера галек — по Хабакову — состоит в том, что сосчитанные гальки данной пробы располагают в ряд таким образом, чтобы они соприкасались по длинной оси, а затем записывают их суммарную длину и делят на их число.

Разновидностью полевого гранулометрического анализа галек является измерение крупности (среднего объема) галек, взятых без выбора из пласта, при помощи градуированного ведра с трубкой, наполняемого водой, в которую погружаются гальки: по замеру объема вытесненной гальками воды определяется их объем. Этот способ обычно применяется для характеристики изменения крупности галек по пробам, отбираемым систематически из наиболее крупногалечных пластов изучаемой толщи в различных пунктах исследуемой площади.

При всех вариантах гранулометрического анализа галек необходим систематический отбор некоторой средней пробы, во избежание субъективного предпочтения галек той или иной величины, формы, состава и пр.

Для характеристики петрографического состава галек подсчитывают число галек различных пород в каждой из фракций, выделенных предварительно по величине галек. При полевом определении петрографического состава галечников желательнее выделять сравнительно небольшое количество литолого-петрографических групп, каждая из которых может быть в поле уверенно отделена на глаз от других. Содержание каждой петрографической группы галек выражают в процентах от общего числа изученных галек данной величины. Наиболее надежные результаты в целях фашиально-стратиграфического сравнения дают подсчеты петрографического состава галек строго одного размера (например, 10—8 или 4—2 см диаметром).

В некоторых случаях производят петрографическое изучение галечников и без предварительного гранулометрического анализа.

Основой классификации галек по их форме служит измерение трех их взаимно перпендикулярных осей или поперечников. Наименьший из них (ось *C*) равен толщине гальки, т. е. расстоянию между ее более плоскими сторонами (рис. 35). Максимальный поперечник (наибольшая ось *A*) соответствует наибольшему расстоянию по длине гальки, измеренному по перпендикуляру к наименьшему диаметру. Средний поперечник (ось *B*) равен расстоянию между наиболее удаленными точками поверхности гальки в направлении, перпендикулярном к двум предыдущим. Общую форму галек удобно характеризовать соотношением главных осей (рис. 36). Три главных поперечника гальки служат также основой для вычисления некоторых коэффициентов, характеризующих ее форму. Так, коэффициентом изометричности называют отношение  $\frac{A+C}{2B}$

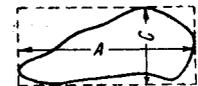


Рис. 35. Расположение наибольшей (*A*) и наименьшей (*C*) осей гальки в вертикальном ее сечении. Ось *B* перпендикулярна к плоскости чертежа

коэффициентом уплощенности — отношение  $\frac{A+B}{2C}$  или  $\frac{B}{C}$ . Вычисляется также коэффициент диссимметрии галек, равный отношению более длинного участка наибольшей оси гальки от ее центра ко всей длине этой оси.

Диссимметрия галек по осям *A* и *C* (т. е. неравнобокость по длине или по верхней и нижней уплощенным сторонам) является существенным отличием резко несимметричных галек ледниковых и речных галечников от почти симметричных галек морских галечников.

При более детальных наблюдениях полезно замечать не только форму в связи с составом галек (преобладание или существенную примесь

уплощенных, палочковидных, эллипсоидальных, шаровидных, трехгранных, трапециoidalных и др.), но и характер поверхности галек (шероховатая, матовая, гладкая, полированная, блестящая, как бы лакированная), что тоже имеет значение для разгадки генезиса.

Безусловно важным и обязательным элементом полевой характеристики пород при изучении толщ и пластов конгломератов является точная оценка окатанности галек.

Наиболее простой и быстрый способ оценки окатанности галек — визуальная оценка по пятибалльной шкале, предложенной А. В. Хабаковым.

Совершенно неокатанные обломки (щебень) с острыми, режущими краями обозначаются баллом 0; плохо окатанные, угловатые обломки, вполне сохранившие еще первоначальную форму и обладающие лишь слегка закругленными краями, — баллом 1; полуокатанные (субангулярные) гальки с закругленными углами и слегка сглаженными ребрами, в очертании которых отчетливо еще заметны прямолинейные отрезки, — баллом — 2; хорошо окатанные гальки, в очертании которых сохранились лишь следы первоначальной огранки, — баллом 3 и превосходно окатанные гальки с равномерно обработанной криволинейной поверхностью, где всякие следы первоначальной огранки обломка уже исчезли, — баллом — 4 (рис. 37).

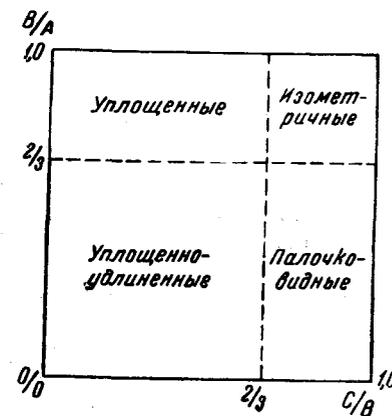


Рис. 36. Деление галек по их форме на основании соотношения осей

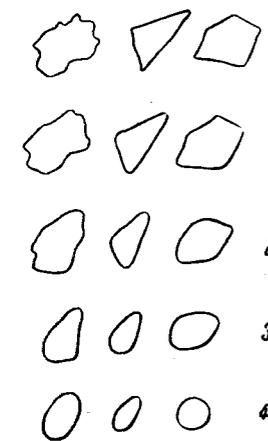


Рис. 37. Степень окатанности обломков:  
0 — остроугольные, 1 — угловатые, 2 — округленно-угловатые, 3 — хорошо окатанные, 4 — отлично окатанные

Для определения в процентах степени окатанности галечника в каждой пробе из 50—100 галек (при более подробных исследованиях — 250 галек) записывают число галек по каждому классу окатанности, затем каждое такое число умножают отдельно на соответственный балл (класс окатанности), складывают их и общую сумму делят на число, полученное от умножения числа всех галек в пробе на балл высшего класса, т. е. на 4.

Галечник, состоящий целиком из галек четвертого высшего класса окатанности, будет характеризоваться окатанностью 100%, из галек третьего класса окатанности — 75%, второго класса — 50%, первого класса — 25%, из щебня — 0%. Для галечника из пробы в 50 галек, в которой, к примеру, оказалось 10 галек первого класса, 15 — второго и 25 — третьего, коэффициент окатанности высчитывается следующим образом:  $10 \cdot 1 + 15 \cdot 2 + 25 \cdot 3 = 115$ ;  $(10 + 15 + 25) \cdot 4 = 50 \cdot 4 = 200$ ; согласно пропорции  $115 : 200 = K : 100\%$ , получаем  $K = 57,5\%$ .

Значительно более точным, но и более громоздким является инструментальный способ определения степени окатанности, предложенный Ваделлом и разработанный А. А. Кухаренко.

Инструментальный способ требует вычерчивания контуров галек и последующего тщательного определения радиусов кривизны разных участков поверхности с учетом особенностей формы галек<sup>1</sup>. Тщательные визуальные или инструментальные подсчеты чисел галек разных классов окатанности позволяют строить кривые частот по классам окатанности; наличие нескольких пиков частот на таких кривых указывает на несколько источников материала или периодов окатывания (т. е. на перетложение).

Песчаный материал, входящий в состав галечников, тоже может быть подвергнут углубленному изучению. Гранулометрический состав песков исследуется при помощи ситового анализа, минералогический состав зерен — при помощи шлихового анализа.

Для плотных конгломератов, для которых обычные приемы гранулометрического анализа неприменимы, приходится ограничиваться лишь измерением размера сечений галек в стенках обнажений. Затрудняется также и подробный подсчет петрографического состава галек.

При исследовании очень плотных конгломератов исключается также гранулометрический анализ песчаных частиц, минералогическому же их анализу должна обязательно предшествовать протоочка с последующей отмывкой шлихов (с целью обнаружения минералов, характерных для определения стратиграфических горизонтов или являющихся полезными ископаемыми).

#### ПЕСЧАНЫЕ И АЛЕВРИТОВЫЕ ПОРОДЫ

Песчаные и алевритовые породы различаются не только по их зернистости (табл. 5), но также и по составу: мономинеральные, олигомиктовые и полимиктовые пески и песчаники.

К мономинеральным относят пески или песчаники, сложенные почти целиком (не менее чем на 95%) зернами одной породы, чаще всего кварца. Олигомиктовые песчаные породы характеризуются резким преобладанием кварца (75—95%) при незначительной примеси других минералов. К этой группе относятся широко распространенные кварцево-полевошпатовые и граувакковые песчаники, содержащие до 25% зерен полевых шпатов или цветных минералов и мелких обломков пород. Полимиктовые песчаные отложения сложены в соизмеримых количествах кварцем, полевыми шпатами, цветными минералами и обломками разных пород.

Представителями полимиктовых песчаников являются граувакки и аркозы. Граувакки — это песчаники, распространенные чаще среди древних толщ. Они состоят из различных по величине резко угловатых зерен кварца (обычно 25—50%), полевых шпатов (15—25%), слюды и обломков пород (главным образом основных изверженных пород, филлитов, сланцев и кремня). Наиболее характерны для граувакк: темно-серый или темный зеленовато-серый цвет, преобладание угловатой формы обломочных зерен, обилие цементирующего вещества и очень плохая сортировка. Граувакки часто образуют мощные толщи и ассоциируют с пирокластическими и эффузивными породами.

Аркозы состоят из смеси обломочных зерен полевых шпатов и кварца. Зерна полевых шпатов, содержание которых в аркозах колеблется в большинстве случаев от 25 до 60%, представлены обычно калиевыми или натриевыми разновидностями. Встречается иногда также примесь обломков и других пород.

Определение состава и происхождения обломков пород в песчаных отложениях — дело значительно более сложное, чем в галечниках. Светложелтые или сероватые сростки кварца с полевыми шпатами, скорее всего, происходят из гранитоидов. Зеленовато-черные и почти черные обломки чаще всего могут оказаться зернами порфиритов, туфов, кремнисто-глинистых и метаморфических сланцев. Значительная твердость (песчинка царапает поверхность молотка), порой характерная окраска (зеленовато-серая, фиолетовая, красновато-серая), отсутствие резко видимой под лупой сланцеватости позволяют узнавать обломочные зерна эффузивных пород. Малой твердостью отличаются зерна глинистых пород, некоторых известняков (подобные песчинки бурно вскипают с соляной кислотой). Наличие видимой сланцеватости с обилием чешуйчатых минералов позволяет определять обломочные зерна метаморфических сланцев.

Из мономинеральных песчинок наиболее часто встречаются кварцевые зерна. Они легко определяются по своему стеклянному блеску и высокой твердости. Полевые шпаты распознаются по блеску на плоскостях спайности.

Цемент в песчаных породах может быть неодинаков как по своему составу, так и по структуре. Цементом могут служить глинистые и слюдяные минералы, кремнекислота (обычно в виде кварца, реже халцедона или опала), окислы железа, карбонаты и другие минералы. В полимиктовых песчаниках цемент часто представляет собой пеструю смесь разнообразных тонко раздробленных пород и минералов, нередко значительно преобразованных разложением или кристаллизацией.

По структуре цемента, а также по его количеству в поле легко могут быть определены четыре типа цементации песчаников.

Базальный цемент характеризуется таким количеством, что заключенные в нем песчинки не соприкасаются друг с другом. Цемент разведения обладает той характерной особенностью, что цементирующее вещество частично замещает обломочные зерна. Пойкилитовый цемент состоит из крупных кристаллов кальцита или гипса, в каждый из которых включены обломочные зерна. Эти крупные кристаллы легко заметить по блеску плоскостей их спайности в изломе породы. Наконец, регенерационный цемент, характерный для кварцитов и кварцитовидных песчаников, по своему составу и оптической ориентировке тождествен обломочным зернам. Поэтому подобные породы однородны в изломе и кажутся сливными.

Гранулометрический состав рыхлых песков приблизительно определяется в поле при помощи четырех сит с отверстиями в 1,0; 0,5; 0,25 и 0,10 мм. Для определения берется мензуркой определенный объем песка. Содержание полученных фракций также оценивается по их объему.

Для примерной оценки величины песчаных и гравийных зерен удобна диаграмма М. М. Васильевского (рис. 38).

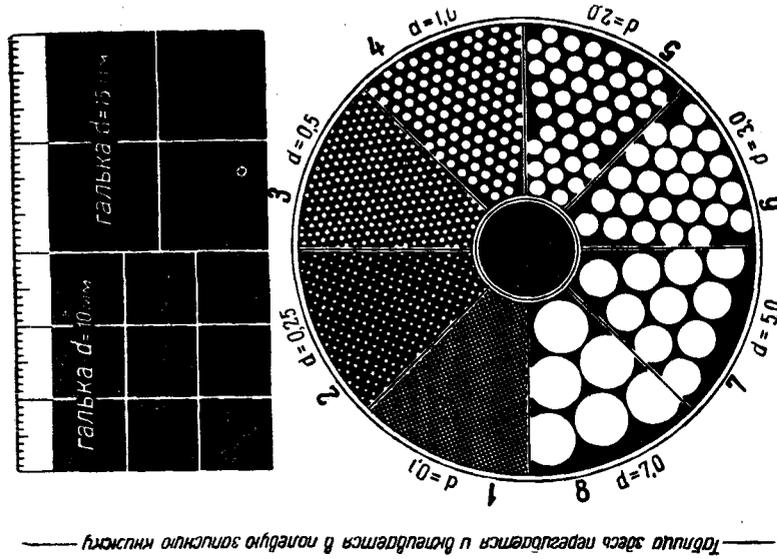
Окатанность песчаных зерен под лупой определяется по пятибалльной шкале, согласно которой, как и в галечниках, выделяются отлично и хорошо окатанные, округленно-угловатые, угловатые и остроугольные зерна.

Из других способов изучения текстуры и структуры песчаных, алевритовых, а иногда и глинистых пород особо следует отметить приготовление пленочных монолитов (по К. Орвику).

Выбранный для монолита участок обнажения предварительно, по возможности тщательно, выравнивают. После того как поверхность пород высохнет, ее пропитывают жидким целлулоидным лаком, приготовленным путем растворения (в течение двух-трех дней) в 1 л ацетона 50—55 г целлулоида (например, использованной фотопленки, с которой предварительно смыт слой эмульсии). Опрыскивание участка обнажения

<sup>1</sup> Подробнее см. в статьях А. А. Кухаренко (Бюлл. Ком. по изуч. четв. отл. АН СССР, № 9 за 1947 г. и сборн. «Сов. геология» за 1947 г.).

целлулоидным лаком производится сильным пульверизатором, к которому присоединен через резиновый шланг велосипедный насос. Через 4—5 минут после первого опрыскивания на поверхность выхода наносится второй слой более вязкого лака (для изготовления которого на 1 л ацетона берется 55—60 г целлулоида). Этот лак, соединяясь с предыдущим, образует гибкую устойчивую пленку монолита. После того как пленка хорошо просохнет (для этого нужно 1,5—2 часа), монолит снимается с обнажения, окончательно просушивается, сворачивается в трубку или монтируется в рамку на фанерный щит.



Таблицы зрелости переводятся в стандартные в зависимости от диаметра зрелости

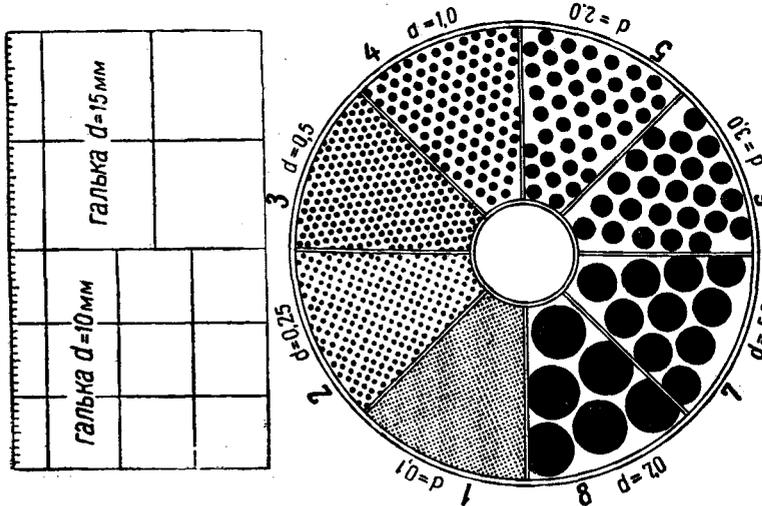


Рис. 38. Диаграмма для полевого определения размера зерен. По М. М. Васильевскому

**РУКОВОДСТВО**  
 Левый круг — для темных пород, правый — для светлых. Песок или гравий сыпать в центр круга и под лупой определять размер зерен. Название породы определяется по таблице зерен того или иного размера. В полевой практике записывают номер (вместо названия) или, в случае разнозернистости, несколько номеров, причем впереди пишется номер преобладающей фракции.

**ТАБЛИЦА ДЛЯ ПОЛЕВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ЗЕРЕН**

1.	Песок тонкозернистый или алеврит	0,05—0,1 мм
2.	мелкозернистый	0,1—0,25 мм
3.	среднезернистый	0,25—0,5 мм
4.	крупнозернистый	0,5—1,0 мм
5.	грубозернистый	1,0—2,0 мм
6.	Гравий мелкий	2,0—3,0 мм
7.	средний	3,0—5,0 мм
8.	крупный	5,0—10,0 мм

Пленочные монолиты являются точной копией тех выходов рыхлых слоев, откуда они взяты. Пленочные монолиты легки, удобно транспортируются, дают возможность демонстрировать и даже фотографировать уже в лабораторных условиях природный облик рыхлых пород.

В лабораторных условиях гранулометрический состав песков изучается более точно, при помощи ситового анализа и отмучивания пылеватых и глинистых частиц. Затем следует минералогический анализ, производимый путем разделения тяжелыми жидкостями и последующего определения минералов иммерсионным методом, которому иногда пред-

шествует выделение магнитных минералов. Пески, в пробах от 10 до 30 кг (3—5 ковшей), в особенности крупнозернистые, подвергаются шлиховому опробованию и анализу как из рыхлых новейших отложений рек, так и из коренных толщ путем протолок. Для определения условий отложения песков, помимо изучения зернистости и состава, необходимо систематически наблюдать и зарисовывать характер кривой слоистости, производить замеры ее наклона, а также изучать форму и окатанность зерен.

Стекольные и формовочные пески непременно отбираются для химического анализа. Кроме того, формовочные пески испытываются на газопроницаемость, огнеупорность и прочность на сжатие при различной влажности. Определение пористости и проницаемости очень существенно для пород, которые могут быть коллекторами нефти и горючего газа.

Изучение сцементированных песчаников и алевролитов отличается некоторыми особенностями от методов исследования песков. Важнейший метод исследования песчаников — изучение в шлифах, дающих возможность охарактеризовать зернистость, минералогический состав, структуру и текстуру породы. Изучение минералогического состава песчаников дополняется их протолочкой (штуфов из коренных пластов) с последующей отмывкой шлихов.

Кварциты и песчаники, употребляемые в промышленности, подвергаются химическому анализу и испытанию на огнеупорность. Производятся также определения удельного и объемного весов, водопоглощения и пористости. Для использования песчаников и кварцитов как строительных материалов необходимо определить их механическую прочность на сжатие, морозостойкость (путем пятикратного пропитывания раствором сернистой кислоты натрия и дальнейших наблюдений над ходом разрушения породы при вымораживании кристаллов). Если песчаники и кварциты предназначены для использования в дорожном строительстве, определяется также их устойчивость против истирания (в барабане Деваля).

### ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ

Глинистые породы сложены мельчайшими обломочными частицами, остатками от разложения пород при выветривании, а также продуктами кристаллизации коллоидно-химических осадков из растворов, иногда с той или иной примесью органического вещества, окислов железа и пр.

Характерным физическим признаком глин является их пластичность, т. е. способность влажной глины изменять под давлением свою форму и сохранять ее после устранения давления. По этому признаку все глинистые породы разделяются на глины, обладающие пластичностью, и на аргиллиты — камнеподобные глинистые породы, не размокающие в воде. Большинство толщ аргиллитов приурочено к складчатым областям. Своеобразной разновидностью аргиллитов являются сухарные глины, образующиеся благодаря старению коллоидов и залегающие часто среди рыхлых горизонтально лежащих пород.

Другое характерное свойство глин, определяющее область их применения в промышленности, — это огнеупорность, зависящая главным образом от их минералогического состава. Огнеупорные глины сплавляются при температуре не ниже 1580°, а тугоплавкие — при температуре от 1580 до 1570°. Обычные легкоплавкие кирпичные глины сплавляются ниже 1350°. В результате обжига глины превращаются в твердый камнеподобный материал, не размокающий в воде. Некоторые глины характеризуются высокой поглотительной способностью и поэтому используются для очистки разнообразных минеральных и органических продуктов. К числу отличительных особенностей глин относятся также их липкость и способность к образованию устойчивых суспензий.

Различные типы глин применяются в керамической, строительной и ряде других отраслей промышленности. В некоторых случаях пригодность глин может быть определена по их внешнему виду. Так, глины яркочерного или бурого цвета благодаря большому содержанию соединений железа не могут быть огнеупорными. Если такие ярко окрашенные глины однородны и не содержат крупных включений карбонатов, то они могут быть кирпичными. Если подобные глины являются довольно тонкоотмученными, однородными по размерам частиц, то они, возможно, окажутся черепичными и гончарными, а в случае значительного содержания железа могут быть использованы в качестве минеральных красок.

Глины белого цвета, светлосерые или светложелтые могут быть огнеупорными или тугоплавкими. Огнеупорными могут быть иногда глины темносерого и черного цвета, и, наоборот, даже очень светлые глины могут быть не огнеупорными.

Неразмокающие камнеподобные глины с раковистым изломом также принадлежат иногда к группе огнеупорных. Глины, кусочки которых при погружении в воду не распускаются, а, размокая, сильно набухают и длительное время сохраняют внешнюю форму, часто оказываются поглощающими.

Зернистость глин может быть ориентировочно определена по следующим признакам. Даже незначительная примесь песка в глине легко обнаруживается по «скрежету» ножа или пробой «на зуб». Мелкозернистые пластичные глины с высоким содержанием глинистых частиц дают жирный или шелковистый излом со своеобразной волнистой поверхностью. Тонкодисперсные, но непластичные глины имеют ровный или раковистый, иногда слабо блестящий излом. Глины с заметной примесью песчаных и пылеватых фракций дают землистый излом. На повышенную пористость глины указывает сильное прилипание к языку; появление трещин на высохшем образце говорит о значительной воздушной усадке глины.

По минералогическому составу все глинистые породы подразделяются на три группы: каолинитовые, монтмориллонитовые и гидрослюдистые.

Каолины и каолинитовые глины окрашены преимущественно в светложелтый или белый цвет. Однако даже при небольшой примеси органических веществ они приобретают темносерую или даже черную окраску. Первичные каолины приурочены к коре выветривания кислых кристаллических пород. Они обычно мало пластичны и почти всегда содержат примесь остроугольных обломочных частиц. Вниз по разрезу они постепенно переходят в неизменные материнские породы.

Каолинитовые глинистые породы (вторичные каолины) залегают всегда среди осадочных пород в виде более или менее мощных линз. Они представлены как пластичными, так и непластичными (сухарными) породами.

Монтмориллонитовые глины можно иногда определить прямо в поле благодаря тому, что они сильно разбухают и приобретают студенистый, желеобразный облик, а затем при высыхании покрываются системой трещин.

Более точное определение характера глинистых минералов производится в полевой лаборатории при помощи окрашивания глин органическими красителями. Для этого М. Ф. Викулова и Н. Е. Веденеева рекомендуют пользоваться следующим упрощенным методом, вполне применимым в полевых условиях.

Навеска глины в 0,5 г растирается в фарфоровой или агатовой ступке в тонкий порошок, насыпается в пробирку, заливается водой и взбалтывается. Через 3—4 часа верхний слой глинистой взвеси (высотой 2 см) сливается в чистую пробирку и заливается равным объемом 0,001 %-ного раствора метиленовой синьки (метиленовой голубой). Про-

бирка взбалтывается, половина пробы переливается в чистую пробирку, куда добавляется 1—2 капли насыщенного раствора хлористого калия КСl.

Наблюдения производятся над обеими пробирками через одни сутки. Каолинитовые глины окрашиваются метиленовой голубой красителем в светлофиолетовый цвет, который не меняется от добавки КСl. Примесь тонкодисперсного (гумусового) органического вещества к каолину вызывает серо-фиолетовую или грязнофиолетовую окраску.

Гидрослюдистые глины, гидрослюда которых образовалась за счет изменения биотита или хлорита, окрашиваются метиленовой голубой красителем так же, как и каолиновые глины, однако отличаются от них иной реакцией с бензидином. Насыщенный раствор бензидина, взятый в том же количестве, как и метиленовой голубой, окрашивает гидрослюдистую глину в серовато-синий цвет. Каолинит же не реагирует на бензидин.

Монтмориллонитовые глины в метиленовой голубой красителе приобретают фиолетово-синий цвет различной интенсивности, который от добавки КСl становится зеленовато-голубым.

Здесь необходимо подчеркнуть, что восприятие глазом тонких оттенков цветов сильно зависит от условий и характера освещения. Отсюда ясно, что определение надо производить в одних стандартных условиях на нейтральном светлом фоне.

При дальнейшем лабораторном изучении гранулометрический состав глинистых пород определяется при помощи одного из гидравлических методов (Богданова, Робинсона и др.). Минералогический анализ глин осуществляется путем химического, термического, рентгенографического, электроннографического методов и исследования под электронным микроскопом. В нефтеносных областях важное значение имеет люминесцентный метод определения присутствия битумов. Для обнаружения редких элементов применяется спектральный анализ. Необходимо также изучение шлифов для характеристики минералогического состава, структуры и текстуры глин. Изучение в шлифах или срезах ориентированных агрегатов глинистых частиц, получаемых без особого труда путем выпаривания однородных фракций меньше 0,001 мм, дает возможность точно определять показатели преломления породообразующих минералов глин, что является одним из важнейших диагностических признаков.

Глины, используемые как полезные ископаемые, подвергаются дополнительно специальным исследованиям. Главнейшие из них — определение пористости, объемного веса, пластичности, огнеупорности, воздушной и огневой усадки.

Для обычных лабораторных испытаний достаточно брать штучные образцы глин от 0,5 до 1,5 кг.

#### АЛЛИТОВЫЕ ИЛИ БОКСИТОВЫЕ (ГЛИНОЗЕМИСТЫЕ) ПОРОДЫ

Существенными составными частями алюминистых пород являются моногидратные окислы алюминия, представленные бёмитом и диаспором, и тригидратные соединения типа гидраргиллита. Моногидратные соединения алюминия характерны главным образом для геосинклинальных бокситов, залегающих среди известняковых толщ, тригидратные — чаще для платформенных бокситов, залегающих среди песчано-глинистых пород. Моногидратные бокситы (бёмито-диаспорового состава) известны и среди континентальных красноцветных толщ областей, переходных от геосинклиналей к платформам.

Внешний вид бокситов очень непостоянен. Некоторые их разновидности можно спутать с другими породами — железными рудами, песчаниками, яшмами, известняками и даже с эффузивными породами. Для того чтобы в полевых условиях отличить бокситы, необходимо

обращать внимание на структуру, характер излома, окраску черты, твердость и удельный вес изучаемых пород.

От многих осадочных железных руд бокситы обычно отличаются большой плотностью и твердостью (железные руды не чертят стекла). На фарфоровой пластинке бокситы оставляют коричневую черту, тогда как бурые известняки чаще дают охристо-желтую или буровато-желтую черту. От песчаников бокситы отличаются шероховатым изломом. Характер излома позволяет также отличать яшмоподобные бокситы от яшм, которым свойственен раковистый излом с совершенно гладкой поверхностью. «Плитняковые» разновидности бокситов могут в отдельных случаях напоминать глинистые сланцы, но отличаются от них значительной твердостью и большим удельным весом. Пестроцветные бокситы отличаются от сходных с ними кремнистых мергелей и известняков тем, что не вскипают с соляной кислотой. Важно также установить малое количество обломочных частиц. Многие бокситы марают руки. Определение бокситов по одному только внешнему виду затруднительно и ненадежно, тем более если наблюдатель не имеет опыта в их изучении. Мы перечислили эти внешние особенности лишь для того, чтобы обратить внимание на необходимость тщательного отбора в поле и проверки образцов из пластов, толщ и районов, подходящих для поисков на бокситы.

Наиболее характерна для бокситов их структура. Большинство бокситов имеет б о б о в у ю, иногда о о л и т о в у ю структуру. Под бобовинами понимают эллипсоидальные или сфероидальные образования, большей частью однородные по составу и не имеющие внутри тонкого концентрически-скорлуповатого строения, свойственного для оолитов. Поперечник бобовин изменяется от долей миллиметра до 10—12 мм. Бобовины в большинстве случаев резко отграничены от основной массы породы. Кроме бокситов, бобовая и оолитовая структуры встречаются и у других пород коллоидно-химического происхождения, например у железных руд и известняков, отличие которых от бокситов указано выше.

Исследование бобовой структуры бокситовой породы должно производиться под лупой в разных сечениях, поскольку, например, у геосинклинальных моногидратных бокситов бобовины невелики и имеют одинаковую с породой окраску. У платформенных бокситов бобовины обычно крупнее, окраска породы иногда более светлая.

Наиболее часто среди бокситов встречаются следующие типы. Один тип, характерный для геосинклинальных месторождений, сложен мелкими бобовинами, не крупнее 2—3 мм в поперечнике, окраска которых, обычно красно-бурая или серовато-зеленая, не отличается от окраски основной массы. Порода царапает стекло, обладает значительным удельным весом. Иногда встречаются темносерые, почти черные разновидности со слабо выраженной мелкобобовой структурой. Второй тип широко распространен на платформах и характеризуется наличием крупных бобовин (5—15 мм в поперечнике). Окраска их иная, чем у основной массы, и иногда неодинаковая у различных бобовин. Породы характеризуются значительным удельным весом (моногидратные бокситы), нередко магнитностью (проверяется с помощью магнитной стрелки горного компаса); они не содержат большого количества обломочного материала.

Иногда бокситы имеют глинистый характер, но не пластичны, что легко проверить, размельчив кусок породы и смочив полученный порошок водой. Бобовины в данном типе бокситов окрашены интенсивнее, чем основная масса коричневого, желтого, зеленоватого или красного цвета.

Некоторые бокситы не имеют бобовой структуры. Их можно распознать в полевых условиях по следующим свойствам: 1) вишнево-крас-

ной, зеленовато-серой или голубовато-серой, а иногда и палевой окраске; 2) значительной твердости; 3) большому удельному весу; 4) отсутствию в породе заметного количества обломочного материала; 5) полураковистому (с шероховатой поверхностью) излому; 6) коричневой черте на фарфоровой пластинке (для вишнево-красных разновидностей). Бокситы без бобовой структуры иногда переходят по простиранию в бобовые бокситы или подстилают их.

Более затруднительно полевое определение гиббсит-аллофановых бокситов, возникающих за счет инфильтрации глиноземсодержащих растворов. Подобные бокситы залегают обычно между известняками и покрывающими их глинистыми, часто угленосными и пиритизированными породами. Если в этих условиях встречается светлосерая, бледно-желтая или белая порода, не вскипающая при действии соляной кислоты, в разрыхленном виде порошокватая, непластичная и не содержащая обломочного материала, то она должна быть подвергнута дальнейшему химическому испытанию на содержание алюминия.

В лабораториях минералогический состав бокситов изучается при помощи шлифов, химического исследования, термического анализа и центрифугирования для выделения мономинеральных фракций. Мономинеральные фракции затем минералогически определяют под микроскопом (иммерсионным методом). Иногда в дополнение к термическому анализу применяют рентгенографический метод. В специализированных лабораториях определяют так называемую «вскрываемость» бокситов, т. е. способность окиси глинозема при переработке переходить в раствор.

## ЖЕЛЕЗИСТЫЕ ПОРОДЫ

Внешний вид и минералогический состав осадочных железистых пород бывают различными в зависимости от преобладания окисных, карбонатных и закисных соединений железа. В окислительной среде образуются окисные железные руды, наиболее распространенные и практически самые важные из железистых пород. В восстановительной среде образуются сидеритовые и шамозитовые руды. Наконец, в резко восстановительных условиях образуются сернисто-железистые соединения.

Окисные железистые породы легко узнаются по темно-бурой или охристой окраске. Обычно среди них широко распространены бобовые или оолитовые разновидности.

Сидеритовые руды состоят главным образом из сидерита. Они окрашены чаще в светло- или темносерые, зеленоватые или голубовато-серые, палевые или черно-бурые тона. Залегают сидериты в виде линз или конкреций среди глинистых и кремнистых отложений.

Шамозитовые (лептохлоритовые) руды по внешнему виду и по химическому составу довольно близки к глауконитам. Часто в них хорошо выражена оолитовая структура.

Важнейшими способами для точного определения железистых пород являются петрографо-минералогическое изучение их (в шлифах и в анашлифах), а также полевой качественный и количественный химические анализы. Химическое испытание железистых пород при помощи специальной полевой лаборатории (ХАЛ-1) может быть произведено и во время полевых работ.

Большое значение для определения минерального состава пород коллоидно-химического происхождения, в том числе и железистых пород, имеют применимые в поле простейшие методы качественного анализа. Из этих методов в особенности удобен для полевой работы метод растирания порошков, разработанный П. М. Исаковым.

Метод растирания, в отличие от большинства качественных методов, основан на реакциях, происходящих не в водных растворах, а между твердыми веществами. Качественное определение анализируемых веществ производится по окраске твердых продуктов реакций. Так как реагирующие вещества приводятся в соприкосновение друг с другом в твердом состоянии, то для получения окраски достаточны мельчайшие крупинки взаимодействующих веществ. Благодаря этому весь набор из 30 штук реактивов в твердом виде и двух растворителей помещается в маленькой коробке, умещающейся в кармане.

Метод растирания дает возможность геологу в полевых условиях быстро устанавливать в интересующих его минералах и рудах наличие железа, кобальта, никеля, марганца, хрома, цинка, ртути, серебра, свинца, меди, бора, фосфора, серы и других элементов.

Определение некоторых минералов может быть произведено непосредственным смешиванием их при растирании с определенным реактивом; в других случаях необходимо испытуемый минерал предварительно смешать с твердым растворителем. Для определения трехвалентного железа необходима, например, следующая операция. Маленькая порция испытуемых минералов растирается в фарфоровой кюветке с 1—2 кристалликами роданистого калия  $KCNS$  или роданистого аммония  $NH_4CNS$ . Уже при малейшем соприкосновении реагирующих веществ возникает красно-бурая окраска, которую приобретает при дальнейшем растирании и вся смесь.

#### МАРГАНЦОВИСТЫЕ ПОРОДЫ

Марганцовистые породы могут быть сложены в основном или окислами четырехвалентного марганца (псиломеланом, пиролюзитом и другими минералами), или окислами трехвалентного марганца (например, манганитом), или карбонатами двухвалентного марганца (обычно родохрозитом). Большая часть осадочных месторождений марганца приурочена к кремнистым отложениям. Реже марганцевые осадочные руды приурочены к карбонатным толщам. Иногда соединения марганца представляют собой цемент в обломочных породах.

Наиболее широко распространены псиломелано-пиролюзитовые марганцевые породы. Они черного цвета, значительного удельного веса, часто обладают оолитовой структурой. Наблюдаются также и землистые массы, ноздреватые и пористые руды, а также плотные прослои. Карбонатные руды марганца, в особенности марганцовистые известняки, в свежем состоянии очень похожи на обыкновенные белые или светлосерые известняки и близкие к ним породы. Бурый и черный цвет они приобретают лишь при выветривании, покрываясь характерными красно-коричневыми и бело-черными корками.

Для качественного определения марганца по методу растирания порошков маленькая порция испытуемой смеси растирается с несколькими кристалликами соды. Затем добавляется один-два кристаллика азотнокислого серебра. После растирания в течение двух-трех минут смесь постепенно чернеет.

#### КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ

Кремнистые породы после глинистых, обломочных и карбонатных пород являются одним из наиболее распространенных типов осадочных отложений. Кремнистые породы состоят в основном из кремнезема, представленного или аморфным опалом, или скрытокристаллическим халцедоном, или же кристаллическими зернами кварца (но не в виде обломочных зерен). Иногда в кремнистых породах преобладают органические остатки (диатомиты, спонголиты и радиоляриты). В других случаях

органические остатки исчезли или почти отсутствуют (трепелы, опоки, яшмы, кремни). Известны кремнистые породы чисто химического происхождения (гейзериты).

Кремнистые породы или образуют мощные толщи (яшмы, кремнистые сланцы), или залегают в виде линзовидных слоев (диатомиты, трепелы), или встречаются преимущественно в виде желваков и конкреций (кремни). Окрашены кремнистые породы преимущественно в белый, серовато-зеленый, темносерый, а иногда и черный цвет. Яшмы пестро окрашены в самые различные тона.

Твердость кремнистых пород значительно колеблется для различных их типов. Разновидности кремнистых пород, похожие на карбонатные породы (диатомиты, трепелы), отличаются отсутствием вскипания с соляной кислотой и значительно меньшим объемным весом.

Для точного определения кремнистых пород обязательно их изучение в шлифах. В шлифах определяются минералогический состав породы, ее структурные и текстурные особенности. Важен также химический анализ кремнистых пород (с проверкой на алюминий и фосфор).

#### ФОСФОРИТОВЫЕ ПОРОДЫ

Фосфатные минералы или присутствуют в цементе, скрепляющем зерна кварца, глауконита и других минералов, или слагают почти всю породу. В первом случае они залегают в виде конкреционных желваков, иногда сливающихся и образующих фосфоритовую плиту. Подобные залежи, ассоциирующиеся часто с глауконитовыми породами, характерны для платформенных областей. Во втором случае фосфориты залегают в виде выдержанных однородных пластов с оолитовой структурой и встречаются почти исключительно в геосинклинальных областях, залегая среди лишенных глауконита глинистых, карбонатных или кремнистых пород.

Цвет фосфоритовых желваков чаще темносерый или черный. Поперечник их измеряется несколькими сантиметрами. Форма самая разнообразная. Довольно часто наблюдаются переотложенные конкреции, обладающие нередко хорошей окатанностью и гладкой полированной поверхностью.

Пластовые фосфориты окрашены обычно в темносерый, серовато-бурый или черный цвет и при ударе издают битуминозный запах. По своему внешнему виду они могут быть приняты за другие типы пород (известняки, песчаники). Среди пластовых фосфоритов присутствуют и белые, очень мелкозернистые, мягкие или плотно сцементированные, с раковистым изломом разновидности. Разновидности пластовых фосфоритов, состоящие из крупных оолитов, напоминают породы, богатые мелкими раковинками. Обязательные методы изучения фосфоритов — химический анализ и изучение шлифов под микроскопом.

Определение наличия фосфора в осадочных породах может быть сделано в полевых условиях при помощи реакции с молибденовокислым аммонием и бензидином. Кусочек испытуемого вещества растирают в фарфоровой ступке, смачивают серной кислотой и высушивают (на тигельке, с подогревом). Обработанный порошок затем тщательно растирают с избыточной долей одного реактива — молибденовокислого аммония. К смеси прибавляется капля азотной кислоты. При наличии фосфора смесь густо желтеет. Растирание порошка породы, обработанного серной кислотой, с несколькими кристалликами бензидина и молибденовокислого аммония дает характерное посинение (вследствие образования молибденовой синьки и окисления бензидина).

Для более точного испытания смачивают крупинки вещества несколькими каплями свежеприготовленного раствора азотнокислого молибдата аммония (для чего 1,5 г химически чистого молибденового аммония

растворяют сначала в 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и затем осторожно вливают небольшими порциями в 10 см<sup>3</sup> азотной кислоты уд. веса 1,2). Если в породе содержится заметное количество фосфора (свыше 0,3% фосфорной кислоты), выпадает характерный яркожелтый осадок. Затем надо прибавить две-три капли 0,25%-ного раствора бензидина<sup>1</sup>. К испытуемому порошку следует еще прибавить две-три капли 25%-ного аммиака. Даже при незначительном содержании фосфора возникает характерное густое посинение. Располагая образцами-эталоном (с заранее известным содержанием фосфора) и титруя растворы, вполне возможно в полевой лаборатории добиться примерной оценки количественного содержания фосфора в изучаемых пластах фосфоритов.

### КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ

Среди карбонатных пород имеются две главные группы — известняков и доломитов, между которыми существует сравнительно небольшое количество переходных разновидностей. Часто встречаются также мергели — промежуточные образования между глинами и чистыми карбонатными отложениями. Типичные мергели состоят на 25—50% из мелких частиц силикатных минералов и на 60—75% из карбонатов. По составу карбоната отличают доломитовые, магниевые и кальцитовые мергели, существенно различные в фаціальном отношении. Часто в карбонатных породах наблюдается также примесь песчаных частиц и сульфатов кальция.

Известняки характеризуются малой твердостью и разнообразной окраской. Они возникают за счет скопления органических остатков (обычно легко различимых в поле под лупой), путем накопления обломков более древних карбонатных пород, что также часто может быть установлено в поле, или за счет химического (биохимического) осаждения извести из воды. В последнем случае возникают обычно весьма тонкозернистые породы.

Доломиты по внешнему виду часто очень похожи на известняки. Среди них встречаются совершенно однородные по структуре породы — от микрозернистых (фарфоровидных) до мелко- и среднезернистых разновидностей, сложенных из ромбоэдров доломита примерно одной и той же величины. Выщелоченные разновидности подобных «сахаровидных» доломитов по внешнему виду несколько напоминают песчаники.

Доломиты могут образовываться или путем непосредственного выпадения из воды, или за счет преобразования жидкого известкового ила на дне водных бассейнов. Возникают доломиты также за счет преобразования известняков, т. е. твердых горных пород. Подобные доломиты, в отличие от других разновидностей, залегают обычно в виде линзовидных тел или даже в виде гнезд и жил, секущих слои известняков.

Мергели представляют собой однородные по структуре мелкозернистые породы, состоящие из смеси глинистых и карбонатных частиц. Иногда мергели обладают во влажном состоянии известной пластичностью. Окраска их весьма непостоянна. Некоторые из мергелей обладают способностью при выветривании быстро растрескиваться.

Для отличия доломитов от известняков может быть применено несколько приемов. Бурная реакция вскипания пробы с 5%-ным ненагретым раствором соляной кислоты позволяет в большинстве случаев определить породу как известняк. Необходимо производить испытание обязательно на свежем изломе породы, чтобы не принять поверхностную каль-

цитовую корочку за самую породу и не сделать грубейшей ошибки, связанной иногда с серьезными практическими последствиями. Доломиты в штупе либо не реагируют с ненагретой 5%-ной соляной кислотой, либо реагируют слабо, тогда как в порошок вскипание ясно заметно.

Отличить известняки от доломитов можно также по реакции с хлористым железом. По Г. И. Теодоровичу, для проверки следует взять на кончик ножа немного (около 1 г) порошка определяемой породы и всыпать его в пробирку, куда налито 5 см<sup>3</sup> 10%-ного раствора хлористого железа. После этого пробирку зажимают пальцем и взбалтывают. Если для пробы был взят чистый известняк, то происходит обильное выделение углекислого газа и в пробирке появляется коричневатокрасноватый студнеобразный осадок, не выливающийся из нее при опрокидывании. Если порода представляет собой чистый доломит, то при взбалтывании раствор хлористого железа вначале мутнеет, но после отстаивания становится прозрачным, и цвет его не меняется. При наличии примеси кальцита в доломите раствор приобретает красноватый оттенок и выделяется незначительное количество пузырьков углекислого газа. Порошок доломитового известняка вызывает выделение значительного количества углекислого газа и окрашивание раствора в красный цвет. Однако устойчивый студень в пробирке при этом не образуется. При использовании данного способа следует иметь в виду, что примеси, в особенности глинистого материала, мешают образованию студнеобразного осадка и ослабляют красный цвет.

Основными типами структур карбонатных пород являются органогенная и кристаллическая, нередко также обломочная. Карбонаты, отложившиеся при диагенетических процессах, дают конкреционные структуры. Иногда конкреции карбоната более чем наполовину заполняют глинистые породы, реже песчаники.

Среди органогенных образований можно выделить породы, преимущественно состоящие из целых раковин, и породы, в которых раковины встречаются в виде обломков. Эти породы именуются по главнейшему характерному типу остатков организмов (например, фузулиновый, криноидный, нуммулитовый, пелециподовый, коралловый известняки).

Не следует смешивать петрографическое определение породы по существенно важному порообразующему организму с названием палеонтолого-стратиграфического горизонта. Например, ортоцератитовый известняк нижнего силура Ленинградской области по структуре должен быть назван мелкозернистым обломочным известняком.

По наличию примесей следует выделять известняки песчанистые, глинистые, битуминозные, глауконитовые, железистые и др. Песчанистая примесь определяется на глаз. Примесь глинистых частиц узнается по разъеденной кислотой поверхности образца, где остаются пятнышки илистого осадка. Битуминозные известняки узнаются по темной окраске и по специфическим (нефтяному, бензиновому, смолисту, резиновому) запахам при ударе или при нагревании<sup>1</sup>. Практически важно научиться отличать эти запахи от сероводородного.

Структуры доломитов столь же разнообразны, как и структуры известняков. Кроме уже отмеченной пробы с кислотой, доломиты обычно отличаются от известняков большим удельным весом, плохой сохранностью органических остатков, нередко характерной кремнистостью и более частой, чем в известняках, примесью кристалликов гипса и ангидрита, ноздреватостью, перекристаллизованностью, а также иногда присутствием волокон горной кожи (пальгорскита).

В поле рекомендуется различать следующие типы известняков (табл. 8).

<sup>1</sup> Получается путем растворения 0,05 г реактива в смеси из 0,5 см<sup>3</sup> соляной кислоты и 0,5 см<sup>3</sup> 33%-ной уксусной кислоты, с подогреванием и последующим добавлением 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

<sup>1</sup> Методы битумо-люминесцентного анализа позволяют различить в породе ничтожное содержание битумов.

Таблица 8

Тип известняков	Характер зерен и других элементов структуры
Органогенные, в массе сложенные органическими остатками (в частности ракушняковый и криноидный известняки)	Более или менее целые раковины и другие части скелетов организмов
Рифовые (состоящие из построек кораллов, водорослей, мшанок)	Скелетные постройки (рифы) из колоний организмов
Органогенно-детритусовые	Обломки всевозможных органических остатков размером от 2 до 0,1 мм
Тонкообломочные (шламовые)	Остатки организмов размером 0,1 мм
Микрозернистые (не состоящие из видимых масс хорошо сохранившихся органических остатков)	Агрегатная масса кальцита (неперекристаллизованная)
Пизолитовые или крупнооолитовые	Округлые образования с концентрически-скорлуповатой структурой
Оолитовые	
Зернистые:	Кристаллические зерна кальцита
грубозернистые (2,0—1,0 мм)	
крупнозернистые (1,0—0,5 мм)	
среднезернистые (0,5—0,25 мм)	
мелкозернистые (0,25—0,1 мм)	
тонкозернистые (< 0,1 мм)	

Примечание. В зернистых известняках и доломитах важно отмечать ясную неравномерность величин зерен (неравномерно средне- и мелкозернистый известняк и т. д.).

Доломитовые (первичные) и доломитизированные (вторичные) известняки распространены довольно широко. Отличия таких пород, особенно в тонкозернистых разностях, очень непостоянны. Различная степень интенсивности вскипания порошка породы, взятой из различных участков штуфа, с ненагретой слабой соляной кислотой, а также наличие более крупных кристалликов доломита в массе известняка нередко бывают самыми показательными признаками.

При камеральной обработке обязательно проводится исследование шлифов. Для уточнения минералогического состава широко используются термические (термовесовые) и химические анализы. Весьма эффективно также определение карбонатов в порошках иммерсионным методом. При изучении структуры карбонатных пород, в особенности мергелей и мела, значительную помощь оказывают смачивание поверхности слоев (на выходах) и приготовление пришлифовок с пропитыванием трансформаторным маслом. Ценные результаты в отношении определения состава, в связи с текстурными и структурными особенностями, дают различные методы окрашивания пришлифованных образцов карбонатных пород органическими красителями и реактивами.

Технические свойства карбонатных пород определяются по их химическому составу, объемному весу, пористости, морозостойкости, при помощи оценки водопоглощения и пятикратного насыщения раствором сернистого натрия, путем определений временного сопротивления раздавливанию, истираемости и огнеупорности (для доломитов).

#### СОЛЯНЫЕ ПОРОДЫ

Соляные или сульфатно-галоидные породы сложены из легкорастворимых минералов. К числу этих пород относятся гипсы и ангидриты, каменная соль и калийно-магнезиальные породы.

Для гипсов наиболее характерны следующие разновидности: крупнокристаллические, листоватые, тонковолокнистые с шелковистым отливом, крупно- или мелкозернистые и землистые. Залежи гипса часто сопровождаются ангидритом, характеризующимся обычно мелкокристаллической и своеобразным синевато-сероватым цветом. Ангидрит или образует прослойки и отдельные участки в пластах гипса, или же сам заключает в себе прожилки гипса. Гипс, в отличие от ангидрита, чертится ногтем.

Каменная соль характеризуется обычно крупнокристаллической структурой. Часто наблюдается ленточная слоистость, намечаемая чередованием более светлых и темных слоев.

Состав калийно-магнезиальных пород может быть весьма различным. В связи с этим непостоянны и их внешний вид и другие физические свойства. Для калийных солей (карналлита и др.) более характерна пестрая (красно-белая и голубоватая) окраска пластов. Карналлит безошибочно распознается по характерному скрипу при скоблении ножом.

Основной вид изучения соляных пород — полевой химический анализ. В пробах надлежит определять содержание ионов натрия, калия, кальция, магния, хлора, углекислоты и радикала серной кислоты. В случае присутствия смеси солей пересчет данных химического анализа на вероятный минералогический состав сильно затрудняется. Поэтому приходится применять изучение минералогического состава проб в порошках иммерсионным методом. Обязательно минералого-петрографическое определение пород в шлифах. Весьма желательно также применение термического анализа (для гипсовых пород) и изучение пришлифовок крупных штуфов соляных пород.

#### ГОРЮЧИЕ ПОРОДЫ (КАУСТОБИОЛИТЫ)

Вероятный состав (тип) ископаемой горючей породы (торфа, углей, горючих сланцев) может быть примерно определен в поле на основании подробного описания условий залегания, вида, слоистости, окраски, содержания различных компонентов состава, излома, блеска и других особенностей пластов ископаемого горючего, вместе с характеристикой вмещающей толщи и ее органических остатков.

Более точное определение вещественного состава горючих пород производится главным образом в специальных лабораториях. В связи с этим необходимо провести тщательный отбор в поле коллекции штуфных образцов пород со взятием укрупненных проб для различных анализов.

Строение углей и принадлежность их к определенным петрографическим типам точнее выясняются при изучении шлифов. Природа органического вещества углей определяет характер их сухой перегонки при полукоксовании. Выход дегтя может служить мерой битуминизации угля, выход газов — показателем гумификации, а количество беззольного кокса — мерой степени карбонизации.

Для горючих сланцев в первую очередь определяются влажность и зольность, а в карбонатных разновидностях — также и количество углекислоты. По этим данным возможно примерное определение в породе содержания органического вещества. Характер органического вещества определяется при полукоксовании так же, как и при испытании углей.

Для нефтеносных пород необходимо определение их пористости и проницаемости. Качественная характеристика битумов производится при помощи люминесцентного анализа путем экстрагирования или капиллярных вытяжек. Содержание и общий характер органического вещества определяются путем: 1) оценки количества органического углерода сжиганием в печи; 2) извлечения битума органическими растворителями и 3) растворения в щелочах гуминовых кислот.

## НАБЛЮДЕНИЯ НАД ОСОБЕННОСТЯМИ И ПРОИСХОЖДЕНИЕМ ОКРАСКИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Окраска осадочных пород нередко оказывается характерным признаком толщ и пластов, облегчающим их распознавание при геологической съемке. Изучение особенностей и происхождения окраски может дать важные указания на условия образования самого осадка и его последующие изменения. Некоторые необычные расцветки осадочных пород являются верным признаком присутствия рудных минералов. Надлежащий анализ условий образования, например, красноцветных толщ невозможен без изучения происхождения их окраски.

Поскольку часто встречается весьма разноречивая субъективная оценка окраски пород, искажающая их действительную характеристику, геологу полезно иметь ясное представление о целесообразной номенклатуре оттенков, о физических и физиологических особенностях восприятия цвета, а также в особенности о генетическом значении верного определения цветовых различий осадочных пород.

Применительно к свойствам народной русской речи можно посоветовать держаться следующих правил при наименованиях окраски осадочных пород: кроме определения светлоты посредством обозначений светлый и темный (например, светлозеленый и темнозеленый), следует в нужных случаях называть цвета блеклыми, бледными, когда они одновременно и светлы, и мало насыщены, или густыми, чистыми, когда речь идет именно о насыщенности цвета.

Практически геолог должен учитывать следующие главные цветовые тона пород: белый, серый, черный (ахроматические) и красный, коричневый, желтый, зеленый, синий, а также изредка фиолетовый (хроматические).

При детальном описании окраски полезно называть составным прилагательными точные оттенки цветов (например, зеленовато-желто-серый). В приведенном составе эпитете последнее слово должно обозначать главный цвет окраски породы, промежуточное — менее существенный и первое слово — наименее заметный оттенок.

Самое меткое и вместе с тем краткое обозначение окраски пород можно дать при помощи обозначений окраски, взятых из народной речи (например, вишнево-красная, малиново-красная, кирпично-красная, бурая глина). Можно добавлять в случае надобности еще обозначения светлоты и насыщенности цветов. Практически этого набора наименований вполне достаточно для полевого обихода.

При определениях окраски надо не упускать из вида, что впечатление от цвета может сильно меняться в зависимости от условий освещения и влажности пород.

Надо учитывать, что природные условия залегания (на глубинах или на поверхности, т. е. при разном воздействии векового выветривания) могут существенно влиять на характер окраски. В образцах, взятых из естественных выходов и из керна глубоких буровых скважин, окраска пород нередко оказывается весьма различной. Сопоставление образцов одних и тех же пород, взятых с поверхности и с глубин, очень ценно для определения генезиса и условий изменчивости окраски.

В тех случаях, когда задачи и обстоятельства полевой работы (например, при наличии красноцветных толщ) потребуют специальных литологических наблюдений над окраской осадочных пород и над ее происхождением, полезно уточнять свои определения цвета путем сравнения образцов пород с эталонами — цветовыми таблицами и атласами<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Имеются таблицы и атласы: Мищенко (1916 г.), Оствальда (1924 г.), Рудина (1940 г.). Прибором, позволяющим подобрать данный тон из трех спектральных основных цветов, может служить обыкновенный волчок с тремя цветными секторами.

С генетической точки зрения в осадочных породах необходимо различать следующие категории окрасок: первичные окраски, а среди них — унаследованную окраску, которая была присуща зернам данного осадка еще задолго до отложения, и сингенетическую окраску, определившуюся во время отложения и раннего диагенеза; и вторичные окраски, возникшие в результате последующих процессов видоизменения уже подвергшейся окаменению осадочной породы.

Унаследованная окраска отложений определяется цветом обломков пород или минералов, за счет которых образовалась данная порода. Например, розовый цвет некоторых четвертичных песков обусловлен обилием зерен альмандина из древних гранатосодержащих толщ. Унаследованная окраска иногда связана не с цветом минеральных зерен, а с оттенком пленок на зернах или с цветом цемента породы, образовавшегося в результате перемыва более древних илов.

Сингенетическая окраска обычно обусловлена главным образом цветом зерен, образовавшихся в процессе отложения самого осадка, цветом цемента и пленок, покрывающих зерна породы. Примером сингенетических окрасок, обусловленных цветом первичных минералов осадка, могут служить особенности окраски писчего мела, глауконитовых песков, красного карналлита (с микроскопическими табличками железистого блеска); примером сингенетических или раннедиагенетических окрасок, связанных с цементом и пленками на зернах, являются голубые и красноцветные оттенки железистых илов.

Вторичная окраска образуется в породах уже после их отложения и диагенеза, в результате разрушения и видоизменения первоначальных окрасок. В качестве примера отложений с вторичной окраской можно назвать: ржавые железистые пески и глины (в результате разложения зерен колчедана, глауконита); красно-коричневые горелые пласты углистых сланцев (в очагах подземных пожаров); породы, обесцвеченные благодаря выветриванию и выщелачиванию грунтовыми водами; вторично-красноцветные толщи, происшедшие из первоначальных серо-зеленых вследствие окисления первоначальной закиси железа или благодаря позднему ожелезнению. Вторичной нередко бывает зеленая, синяя, густая желто-зеленая и оранжевая окраска пород, вызванная последующим оруденением.

Для выяснения природы и происхождения окраски осадочной породы прежде всего необходимо изучить картину распределения окраски как в разрезе, так и на плоскостях напластования. Следует выяснить связь видоизменений окраски с составом, слоистостью, пористостью и трещиноватостью, водоносностью и выветрелостью пород. Особенное значение имеет выяснение связи распределения окраски и ее рисунка со слоистостью и с трещинами в породах. Наглядные результаты дает простое сравнение различий окраски внешних, выветрелых участков породы с окраской глубоких, невыветрелых ее частей (в свежем изломе).

Допустим, что, раскалывая образцы пород изучаемой красноцветной толщи, мы убеждаемся, что внутри пластов красноцветная окраска бледнеет или исчезает и сменяется зелено-серой, что поверхностная красноцветность наиболее резка в водонепроницаемых пластах, особенно близ трещин отдельности, тогда как водонепроницаемые пласты и прослои не красноцветны. Сразу же становится ясно, что красноцветность данной толщи — в основном вторичное, поверхностное явление, связанное или с окислением рассеянных в породе соединений железа, или с привнесом их грунтовыми водами.

Напротив, связь красноцветной окраски по преимуществу с водонепроницаемыми пластами в данной толще, ее наиболее яркое проявление в невыветрелых, глубоких частях пластов (на свежем разломе), ее полная согласованность с первичным составом и слоистостью отложений доказывают первичный характер окраски.

Решающим доводом в пользу одновременного с отложением происхождения окраски могут служить находки цветных окатышей, гравия и шлама среди изучаемой толщи или на границах с вышележащими толщами.

Совпадение или несовпадение окраски со слоями или пластами определенного состава является первым наводящим указанием относительно первичности или вторичности окраски.

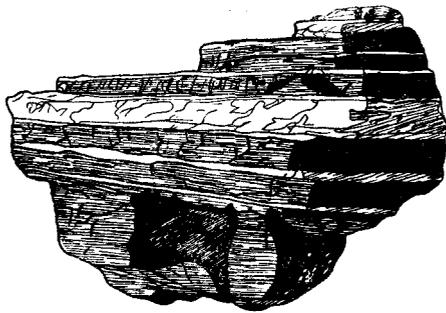


Рис 39. Окраска породы точно совпадает с границами слоев — признак ее первичного происхождения. По А. В. Хабакову.  $1/2$  нат. вел.

Послойная окраска, точно совпадающая с плоскостями наложения и с границей пластов, почти одинаковая как на поверхности, так и в самых свежих глубоких расколах пород или, по крайней мере, не соответствующая отдельности, трещинам, водоносным и выветрелым зонам, является первичной (рис. 39).

Явно не совпадающая со слоистостью поверхностная окраска, к тому же тяготеющая к наиболее проницаемым, выветрелым и трещиноватым участкам толщи, вероятно, является вторичной.

В каждой толще и в каждом пласте можно при надлежащем изучении распознать унаследованные, сингенетические и вторичные окраски (рис. 40).

Геолога-съемщика может интересовать, какая из генетических стадий окраски в данных породах преобладает и насколько можно на такую окраску положиться, как на постоянное и существенное отличие данной свиты. Для палеогеографа особенно интересны сингенетические окраски отложений, их значение и связь с определенной обстановкой отложения.

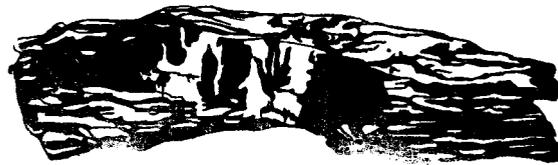


Рис. 40. Окраска породы вовсе не совпадает со слоистостью — признак ее вторичного (позднейшего) происхождения.  $1/3$  нат. вел.

Преобладание или полное сохранение унаследованной окраски в ископаемых осадках указывает на очень слабое воздействие химического выветривания как во время седиментации, так и во все последующие периоды истории данной толщи.

Такое слабое влияние химического выветривания на осадки в момент их образования может служить признаком резко засушливой или же очень холодной климатической среды отложения или может указывать на чрезвычайно быстрое накопление и захоронение осадка (в любой климатической обстановке).

Преобладающий оттенок и другие особенности сингенетической окраски пород во многих случаях определенно характеризуют физико-географическую обстановку образования осадков.

Красноцветная сингенетическая окраска отложений, вызванная обилием окислов железа в цементе и на поверхностях зерен пород, по преимуществу свойственна отложениям жаркого субтропического пояса. Среди континентальных толщ первичная красноцветная окраска чаще всего характеризует субтропический переменновлажный климат (с резкой сменой сезонов дождей и засухи). Особым типом красноцветных отложений суши являются красноземы карста (продукты выщелачивания известняков) и субтропические латериты. Среди морских

отложений первично-красноцветные толщи яшм, известняков, глины обычно находятся в связи с подводными очагами вулканизма или с накоплением сильно разложившихся, обогащенных окислами железа осадков (красные яшмы обычно сочетаются с туффитами и лавами, красные известняки — с оолитовыми железняками).

Пестрая зелено-фиолетовая или красно-зеленая сингенетическая окраска пород, обычно являющаяся фаціальным аналогом собственно красноцветных отложений, указывает на меньшую степень окисления соединений железа. Нередко такие пестроцветные зелено-фиолетовые аналоги красноцветной толщи соответственно указывают на большее удаление от областей суши.

Красно-бурная и коричнево-желтая окраска обычно преобладает в отложениях, образовавшихся вблизи суши с засушливым климатом.

Раньше полагали, что яркая и постоянная первично-красноцветная окраска континентальных толщ свойственна отложениям пустынь, но это оказалось заблуждением. Решающим возражением против пустынного происхождения большинства первично-красноцветных толщ является преобладание среди них отчетливо слоистых водных осадков. В очень бедных атмосферными осадками областях бессточных впадин красноцветные толщи почти вовсе не образуются и не могли накапливаться в прошлом. Среди субэаральных пустынных осадков преобладают бледные буро-желтые, желто-серые или черно-серые окраски. Так называемый «пустынный загар» в виде блестящей синевато-черной металлоидной пленки из окислов железа и марганца действительно часто встречается на камнях и в песках пустынь. Но он, как выяснилось, не является бесспорным признаком жаркого и пустынного климата. Пустынный загар образуется не только в пустынях, но и на скалах, омываемых водой в условиях солнечного климата, а также среди высокогорных «холодных пустынь». Подобные же черные металлоидные пленки возникают и при последующих диагенетических изменениях в самих толщах осадков (в результате перемещений грунтовых вод).

Насыщенные красновато-коричневые и металлоидные синевато-черные окраски в осадочных породах вызываются или высокими формами окислов марганца и железа, или присутствием различных сульфатов железа.

Интенсивные и своеобразные ржаво-коричневые, оранжево-желтые и серовато-желтые тона окраски обычно связаны с обилием в породах различных железных охр (лимонита, гидрогетита и др.). Они особенно характерны для отложений болот и застойных водоемов. На краях болотных массивов к ним прибавляются характерные нежно-голубые вкрапления вивианита.

Зеленые окраски наиболее распространены среди морских и вулканогенных отложений. Обыкновенно зеленый цвет осадков или определяется обилием зерен соответствующих минералов и пород (глауконита, лептохлоритов, уралита, эпидота, оливина, зеленых сланцев, змеевиков), или обусловлен наличием смесей окисного и закисного железа в цементе. Совершенно особой расцветки зеленые окраски отложений возникают в случаях концентрации соединений меди (яркозеленые и синие цвета), никеля (нежные светлозеленые и оранжево-коричневые) и хрома (тусклые темнозеленые оттенки).

Зеленые цвета породы, вызванные обилием первичных (не переотложенных) зерен глауконита, обычно указывают на замедленное осадконакопление в нормально-морской среде, в области подвижного шельфа (или даже в прибрежной полосе, но в отдалении от устьев крупных рек). По новейшим исследованиям А. В. Казакова и других советских литологов, преобладание бледной зелено-желтой (в шифах) разновидности первичного неразложившегося глауконита характерно для более глубоких

частей морских илов, тогда как яркозеленые (в шлифах) зерна глауконита в массе свойственны более мелким прибрежным участкам. Богатые глауконитом пески и глины с фосфоритовыми конкрециями или с мелкими железо-фосфатными оолитами обычно образуются в условиях сильной придонной подвижности вод. Они часто залегают над стратиграфическими перерывами в разрезе (например, чечевичные слои нижнего силура Ленинградской области, глауконитовые пески верхней юры и нижнего мела Русской платформы).

Изучение распределения преобладающих оттенков окраски аутигенных (не переотложенных) зерен глауконита, сопровождаемое определением их обычных показателей преломления, может служить ценным способом фациального и стратиграфического сопоставления разрезов.

Черные и черно-серые окраски осадочных толщ нередко зависят от значительной примеси углистых частиц, битумов и мельчайших зернышек неразложившихся сульфидов железа. По преобладающей и постоянной черной окраске значительных пластов и толщ, если она вызвана присутствием битумов и сернистого железа, можно заключить о господстве восстановительной среды во время осадконакопления и диагенеза осадков в морской или лагунной обстановке. Черная темноцветная первичная окраска морских илов нередко сочетается с эпохами распространения подобных же темноцветных илов и почв в прилегающих областях суши (черные экваториальные почвы, черные болотно-озерные илы). Черный цвет пород, обусловленный присутствием главным образом углестого вещества, генетически более безразличен. Темные углистые породы, повидимому, нередко встречаются и среди чисто пресноводных образований.

Сине-серые и серо-коричневые первичные окраски осадочных пород часто связаны с присутствием мало разложившегося тонко распыленного серного колчедана или закисных соединений и карбонатов железа.

О каком бы преобладающем тоне окраски ни шла речь, та или иная степень светлоты данного цветового тона среди разновидностей одних и тех же пластов зависит также от величины примеси органического вещества и от степени дисперсности вещества породы.

Чем более тонкозерниста порода, тем она, как правило, темнее. Примесь тонко распыленного углестого вещества, в пределах от 2 до 5%, бывает обычно главной причиной темноцветности осадочных пород (включая глины, известняки и доломиты). Примесь битумов нефтяного ряда не всегда придает породе темный цвет: встречаются, например, горючие сланцы очень светлой окраски.

Обратное соотношение размеров зерна и светлоты окраски нередко замечается в известковых отложениях. При равных условиях известковистая порода тем светлее, белее и ярче, чем она более тонкозерниста.

Преобладающий белый цвет или очень светлые тона окраски в осадочных толщах обыкновенно первичны. Белизна пород связана, как правило, с известковистостью или же с обилием ничем не загрязненных каолина, опала, кремня, кварца. Перемежаемость белых и черно-серых прослоек в карбонатных и глинистых пачках характерна для некоторых лагунно-озерных и болотно-озерных фаций.

Как видно из приведенных примеров, изучение распределения окраски и ее связей со слоистостью и с другими особенностями отложений надо подкреплять знанием химической и минералогической природы красящего начала.

Когда перед геологом возникает необходимость в специальном изучении окраски пород (например, для решения вопроса об их происхождении), тщательные полевые записи и зарисовки особенностей распределения окраски по отношению к слоистости пластов должны сопрово-

ждаться отбором образцов для химических анализов и для микроскопического изучения природы красящего вещества.

Изучение подробностей распределения окраски в шлифах и пришлифовках должно идти параллельно с минералого-петрографическим и химическим определением существенных составных частей породы, в особенности в случаях вторичного перераспределения и видоизменения окраски. Большую пользу при определении красящего вещества осадочных пород может принести изучение изменения цвета пород при нагревании. Например, некоторые зеленовато-серые песчаники превращаются при нагревании в красноватые, а при еще более сильном и сухом нагреве опять становятся серыми.

Поисковое значение полевых наблюдений окраски осадочных пород не требует особых пояснений, ибо хорошо известно, что особенности цвета являются одним из диагностических отличий для многих рудных минералов. Выше было приведено несколько примеров своеобразия окраски различных полезных ископаемых и рудных минералов, встречающихся в осадочных породах. Здесь можно упомянуть еще о нескольких особенностях расцветки часто встречающихся полезных ископаемых, которые нередко упускали из вида при поисках.

Яркокрасные прослои и синие зерна в соли могут считаться основанием для проверки, нет ли в данном месторождении калийных солей.

Кирпично-красная окраска, ассоциирующаяся с характерной бобовой структурой, в каменистых глиноподобных породах в ряде случаев служит небезосновательным поводом для испытания на бокситы.

Характерное побеление и обесцвечивание окраски толщ наблюдается в зоне окисления месторождений самородной серы. Обесцвечивание окраски пород (выбеливающиеся поверхности наслоения) наряду с темными коричневыми их оттенками нередко указывает на битуминозность и нефтеносность пород.

Тонкие различия по цвету охр и остаточных железняков в образованиях коры выветривания, например в железных шляпах над сульфидными рудными месторождениями, вместе с данными об их текстуре часто дают возможность опытному геологу выяснить первоначальный минералогический состав оруденения.

Знание изменчивости оттенков, особенностей колорита и орнамента окраски пород в изучаемых месторождениях минеральных красок, строительного и облицовочного камня (мраморов, яшм, агата и др.) безусловно необходимо для оценки качества залежей.

Окраска глин служит одним из существенных признаков, определяющих наличие примесей, влияющих на качество. Огнеупорными являются, как правило, слабо окрашенные разновидности глин (белые, кремневые, серые или даже черные). Красноцветные и пестроцветные железистые разновидности глин, как правило, не бывают огнеупорными. В настоящее время при лабораторном исследовании состава глин применяется простой и быстрый способ определения путем окрашивания (метиленовой синькой и бензидином, о чем подробнее сказано в первом разделе этой главы).

**Программа наблюдений над особенностями и генезисом окраски осадочных пород.** Программа наблюдений определяется степенью детальности геолого-съемочных работ. Такие наблюдения имеют значение лишь при надлежащей полноте и тщательности изучения фациальных особенностей отложений.

Минимально необходимы: 1) точные обозначения характерных оттенков окраски пластов; 2) зарисовки и записи, определяющие отношение окраски к слоистости, унаследованность, первичность или вторичность окраски.

В более детальных исследованиях желательно предусмотреть: 3) составление полевых эталонов шкалы характерных оттенков окраски, если они учитываются при сопоставлениях разрезов; 4) детальные зарисовки

характера распределения окраски в пластах по отношению к слоистости, водопроницаемости, трещиноватости; 5) колориметрическое сравнение окраски выходов и образцов путем фотографирования в трех цветных фильтрах (например, в оранжевом, зеленом и голубом) с точно определенными длинами волн света, с последующими измерениями фотометром по негативам одной и той же светочувствительности или фотометрированием самих образцов; 6) отбор штучных образцов, взятых в естественных выходах и на глубине, например из керна скважин, для последующих шлифов, пришлифовок и химических анализов (с целью выяснения картины распределения и состава красящего вещества).

Химические анализы должны выяснить прежде всего содержание различных форм окислов и гидроокислов железа, марганца, содержание карбонатов, сульфидов, примеси органического вещества в одинаковых породах разной окраски.

### НАБЛЮДЕНИЯ НАД ОСОБЕННОСТЯМИ СЛОИСТОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ

Почти в каждом пласте осадочных пород можно заметить более или менее отчетливую слоистость, обусловленную неравномерностью процессов осадкообразования и отвечающую первоначальной разнице в составе или в размерах зерен, а также в окраске соседних уровней осадка.

Самая обычная горизонтальная и линзовидная слоистость в ее первичном ненарушенном виде более или менее параллельна общим границам пластов. Встречается и первично-непараллельная, с резким наклоном или перекрещиванием прослоек, к о с а я слоистость.

Слоистость—один из наиболее характерных общих признаков осадочных пород. В сочетании с другими литологическими особенностями слоистость представляет собой один из главнейших показателей условий осадконакопления.

Значение слоистости как фациального признака особенно велико для изучения условий образования немых песчано-глинистых отложений.

Некоторые типы слоистости позволяют: 1) восстановить направление сноса и переотложения осадков, что очень важно для различных палеогеографических построений; 2) судить об относительной и абсолютной скорости накопления осадков; 3) определять нормальное или опрокинутое залегание пластов.

Тот или иной характер слоистости нередко является отличительным признаком пластов, облегчающим сопоставление разрезов. Определение мощности пластов и толщ, равно как и установление падения и простира- ния в тектонически нарушенных пластах, наиболее надежно, когда оно доказывается расположением слоистости, которая нередко сохраняется даже в глубоко метаморфизованных отложениях.

В связи с разнообразием вопросов, для решения которых может быть использована слоистость, тщательное изучение ее необходимо при производстве геологической съемки любого масштаба.

Причины возникновения слоистости весьма разнообразны. Она может быть вызвана колебаниями уровня поверхности бассейна осадконакопления, климатическими (вековыми и сезонными) изменениями направления течений, неравномерным ростом организмов или периодичностью их гибели, изменением путей переноса и особенностями режима движений транспортирующей среды (воды или воздуха).

Слоистость может быть выражена в пластах с различной отчетливостью. Нередко она выступает очень слабо и проявляется отчетливо только в свежем изломе или на отполированной плоскости штуфа, или, наоборот, на выветрелой поверхности породы.

В некоторых случаях слоистость в породах отсутствует, что вызы- вается специфическими условиями накопления осадков. Примерами та-

ких пород могут служить брекчии осыпей, лёсс, морены, рифовые образо- вания и т. д.

Отсутствие слоистости может быть вызвано не только первоначаль- ными условиями осадконакопления, но и последующими процессами ее уничтожения (в результате жизнедеятельности организмов или физико- химических процессов) во время превращения осадка в горную породу или позже, при процессах метаморфизма, когда слоистость осадочных пород маскируется сланцеватостью (квиважем).

По масштабу слоистость отложений варьирует от тончайших, почти микроскопических прослоек (микрослоистость в горючих сланцах, в некоторых алевролитах, глинах, иногда в мергелях, яшмах) до много- метровых пачек—частей пластов (в мощных грубообломочных или из- вестняковых отложениях). Нередко замечается известная связь между масштабом слоистости, гранулометрическими особенностями и общей мощностью пластов.

В литературе принято по масштабу слоистости (т. е. по величине промежутка между двумя поверхностями наложения) называть пласт:

глыбовым или массивным	—	слой больше 50 см
крупнослойным	—	„ 50—10 „
слоистым (среднеслойным)	—	„ 10—2 „
тонкослойным	—	„ 2—0,2 „
листоватым или микрослойным	—	меньше 0,2 „

При детальном изучении слоистости, вне зависимости от ее морфоло- гических особенностей, следует различать минимальную, среднюю и мак- симальную мощности прослоек. Толщина слоев в ряде случаев, как уже сказано, может служить признаком относительной скорости накоп- ления осадков. Более тонкая слоистость при прочих равных условиях может свидетельствовать об относительно более медленном накоплении осадков.

При изучении и описании слоистости желательнее выяснять, чем именно она обусловлена в каждом данном случае: 1) различием вещественного состава осадка; 2) изменением крупности зерен (при однородном вещественном составе); 3) неоднородностью распределения окраски; 4) расположением частиц, слагающих породы (например, плоских галек конгломератов), или включений, как неорганических (конкре- ции), так и органических (растительных остатков, раковин).

Основное внимание при изучении слоистости должно быть уделено выяснению генезиса слоистости и морфологическим особенностям (форме слоев, расположению по отношению к границам напла- стования всей толщи и их взаимоотношениям).

Среди многообразных морфологических особенностей необходимо различать четыре типа слоистости: 1) горизонтальный, 2) линзовидный, 3) волнистый и 4) косой.

Горизонтальная слоистость (рис. 41) мо- жет быть простой полосовидной (а), прерывистой или штриховатой (б), ленточной (в).

При описании горизонтальной слоистости полезно от- мечать толщину отдельных слоев различного состава (минимальная, средняя, максимальная), характер контак- тов между слоями (резкий, постепенный, прямолиней- ный, неровный и т. д.), наличие или отсутствие ритмич- ности в чередовании слоев разного состава или мощ- ности.

Прерывистая слоистость обычно обусловлена наличием среди одно- родной массы породы тонких прослоек иного материала, например блесток слюды или растительного детрита в песчаниках и алевролитах.

Горизонтальная слоистость в преобладающем большинстве случаев образуется в спокойных условиях отложения осадков.

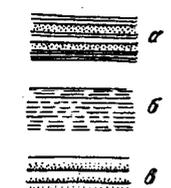


Рис. 41. Разно- видности гори- зонтальной слоистости  
а — полосовидная;  
б — прерывистая;  
в — ленточная

Правильная ритмичность чередования слоев разного состава (ленточная слоистость) может служить указанием на сезонные климатические изменения, и в таком случае ее можно использовать для установления абсолютной скорости накопления осадков.

Линзовидная слоистость (рис. 42) отличается формой и разнообразием мощности отдельных слоев.

При описании линзовидной слоистости следует отмечать: размеры отдельных линз (в поперечном и продольном сечении), характер распределения их в породе (например, беспорядочное, цепочковидное), вещественный состав линз и включающей их породы, форму и степень симметричности линз.

Линзовидная слоистость весьма часто наблюдается в глинистых породах, где она обусловлена наличием небольших линзочек песчаного или алевролитового материала. Образование последних вызвано периодическим притоком в спокойную часть водоема более грубозернистого материала, который под влиянием течений или волнений распределяется в цепочковидно расположенные бугорки.



Рис. 42. Линзовидная слоистость



Рис. 43. Волнистая слоистость

Грубая линзовидная слоистость в песчаных и конгломератовых толщах связана с отложением осадков в водных потоках и объясняется частым размывом ранее отложенного материала и неровностями дна. В грубообломочных породах (конгломераты, брекчия), отложение которых происходило в мелководных речных потоках с большой скоростью течения, слоистость может иметь на некотором протяжении довольно правильный горизонтальный характер. Мелкая линзовидная слоистость наблюдается и в песчаных отложениях приливо-отливной полосы моря.

Волнистая слоистость (рис. 43) характеризуется правильными волнистыми поверхностями.

Волнистая слоистость небольшого масштаба часто наблюдается в мелкозернистых песчаниках и алевролитах, образовавшихся в прибрежно-морских, озерных и речных обстановках в условиях волнения (симметричные формы) и течений (асимметричные формы).

Крупные формы волнистой слоистости наблюдаются в эоловых отложениях, особенно в сечениях разрезов, поперечных к направлению движения дюн и барханов.

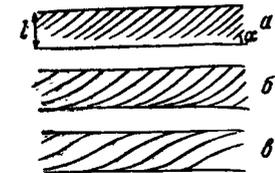


Рис. 44. Косая слоистость

*a* — с прямолинейными, *б* и *в* — с криво изогнутыми косыми слоями; *α* — угол наклона косых слоев; *l* — мощность косослоистого пласта

Косая слоистость характеризуется косым наложением по отношению к основным плоскостям напластования. Основным элементом для детального изучения косой слоистости является косая серия прослоев, первично наклонных приблизительно в одном направлении (рис. 44). При описании косослоистого пласта необходимо отмечать: мощность косых серий, форму или характер косых прослоев (прямолинейные, вогнутые снизу или сверху, волнистые), степень параллельности косых прослоев в одной серии (параллельные, сходящиеся), характер поверхностей, ограничивающих серии, направление и угол

наклона косых прослоев.

Постоянство углов и направлений наклона косых слоев иногда является решающим признаком для выяснения условий образования осад-

ков. В связи с этим углы и направления наклона надо, по возможности, систематически замерять в каждом пласте и выходе (об этом будет подробнее сказано ниже). Для каждой серии косых слоев желательно произвести несколько замеров (в различных ее частях).

Серии косых слоев, наклоненных в одном постоянном направлении, образуются, как правило, при поступательном движении водной или воздушной среды, в которой происходит накопление осадков (рис. 45).

Каждый из указанных выше морфологических типов слоистости может иметь самостоятельное значение и характеризовать мощные пласты пород. Наряду с этим большое распространение в песчано-глинистых отложениях имеют сложные, комбинированные формы слоистости.



Рис. 45. Схема образования косой слоистости при поступательном движении песчаной отмели По Е. П. Брунс

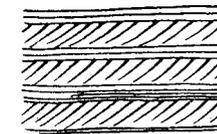


Рис. 46. Диагональная слоистость (характерна для отложений временных потоков)

Сложная слоистость может состоять из сочетания: горизонтальных и косых серий (диагональная слоистость — рис. 46); косых серий с разными углами и направлениями наклона косых слоев или волнистых серий, срезающих друг друга в различных направлениях (перекрестная слоистость — рис. 47); волнистых и косых серий (волнисто-косая — рис. 48), или из сочетания всех трех простых типов (рис. 49).

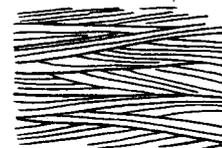


Рис. 47. Перекрестная слоистость

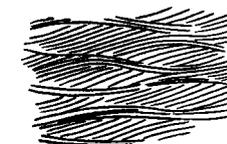


Рис. 48. Волнисто-косая слоистость По Е. П. Брунс



Рис. 49. Косые серии в неясно-слоистом пласте

При описании сложных типов слоистости необходимо учесть, из каких простых типов они состоят, охарактеризовать морфологические особенности каждого из них, их примерное соотношение и способ сочетания отдельных морфологических элементов между собой. Бывает, что отдельные морфологические элементы не имеют резких контуров и встречаются изолированно друг от друга в общей неслоистой массе породы (рис. 49). В других случаях косые, волнистые и горизонтальные серии могут непосредственно примыкать друг к другу, иногда образуя геометрически правильные сочетания. Большое значение имеют также степень постоянства характера слоистости в изучаемом пласте и закономерность ее изменения при переходе к выше и ниже лежащим пластам иного состава.

Анализ сложных типов слоистости, путем изучения отдельных составляющих их морфологических элементов, с учетом литологических особенностей пород дает возможность судить об условиях накопления осадков. Например, по характеру слоистости можно судить о накоплении осадков в условиях сравнительного покоя или под влиянием течений, слабых или

сильных, обладающих постоянными либо переменными направлениями; можно также судить о смене закономерного или беспорядочного чередования периодов покоя и периодов различного характера движения среды, в которой происходило накопление осадков.

В некоторых типичных и простых случаях можно непосредственно по характеру слоистости пластов сделать выводы об условиях осадконакопления. Однако подобное однозначное и простое решение вопроса не всегда возможно, так как в одной и той же фациальной обстановке могут наблюдаться в различных ее частях и в разное время разнообразные условия.

Так, отложение осадков на дне озера может происходить в одной его части в условиях относительного покоя, в другой — под влиянием придонных течений и, наконец, в третьей — в условиях сильного волнения. И хотя несомненно, что сходные условия отложения в различных фациальных обстановках имеют общие специфические черты, но при существующем уровне изученности не всегда можно точно разграничить их по морфологическим особенностям слоистости. В связи с этим изучение слоистости как показателя условий осадконакопления должно обязательно сопровождаться внимательным изучением всех других фациально-литологических особенностей осадочных пород.

Можно отметить морфогенетические отличительные особенности косой слоистости в отложениях различного фациального характера. Эти различия проявляются главным образом в продольных сечениях косослоистых пачек. В поперечных же сечениях косослоистые пачки значительно хуже различимы; они представляют картину чередования коротких линз, залегающих с размывами друг на друге.

В эоловых (дюнных) отложениях косая слоистость имеет довольно резко выраженные черты. Ветер является в данном случае одним из главнейших агентов переноса и отложения материала. Вследствие смены направления и скорости ветров эоловая косая слоистость характеризуется разнообразием направления (до  $180^\circ$ ) и наклона слоев. Углы наклонов могут колебаться от  $5^\circ$  (наветренный склон дюн) до  $30^\circ$  (подветренный склон). В соответствии с высотой дюн мощность косых серий может быть очень разнообразна, нередко весьма велика (до десятков метров). Как верхняя, так и нижняя поверхности, ограничивающие косые серии, могут быть наклоненными, в связи с чем косая слоистость приобретает иногда сложный клиновидный характер (рис. 50). Для косой слоистости дюн весьма характерна негоризонтальная, резко изогнутая форма границ серий, с вогнутыми и выпуклыми слойками, нередко с образованием многоэтажной волнистой слоистости (рис. 51). Резкое

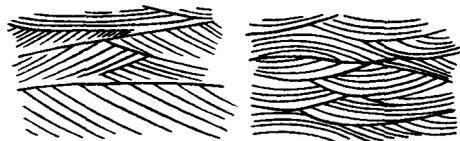


Рис. 50. Клиновидная слоистость (характерная для эоловых отложений)  
По Е. П. Брунс



Рис. 51. Сложная волнистая слоистость (наблюдается в эоловых отложениях)  
По Е. П. Брунс

различие в расположении косых слоев особенно замечается в кровле дюнных косых серий. Для ветровых песков характерны тонкозернистость и однородность обломочного материала, наличие очень мелких явно окатанных зерен кварца, размерами даже меньше  $0,2 \text{ мм}$ , нередко матированных, шагреновых и сколотых.

Необходимо отметить, что косая слоистость в настоящих барханных песках пустынь редко встречается и почти не изучена. Выше приведенная характеристика действительна лишь для дюнных песков, нередко перемежающихся с озерными, речными и прибрежно-морскими.

В речных осадках косая слоистость может быть различной в разных условиях переноса и отложения материала в пойме и в самом русле; она меняется также от величины, постоянства и скорости течения рек. Глав-

ным условием, определяющим особенности речного типа косой слоистости, является отложение осадков при постоянном поступательном движении воды. В связи с этим для речной слоистости характерны серии косых слоев, наклоненных в одном направлении вниз по течению речного потока. Как правило, косые серии наблюдаются в чередовании с горизонтальнослоистыми пропластками, что придает речной косой слоистости типичный для нее однообразный многоэтажный характер (рис. 52).

Если речное русло извилисто, направление наклона косых слоев может изменяться в разных случаях и в разных пунктах наблюдения в больших пределах (до  $90^\circ$ ), но одно, соответствующее общему направлению речного стока в данной местности, обычно оказывается преобладающим. Вследствие частых размывов характерна плоско-линзовидная (в разрезе) форма косых серий с резкими разделяющими их границами. Резкое несогласие между косыми и почти горизонтальными слоями наблюдается обычно в почве косых серий. Наибольший угол наклона косых слоев в среднем составляет  $16-20^\circ$ , изменяясь в зависимости от скорости и мощности потока, от количества и грубости материала: наклон речной косой слоистости более крут при быстром течении в грубых осадках. Мощность косых серий обычно невелика (от дециметров до немногих метров) и тоже зависит от величины и скорости потока, его глубины и количества материала.

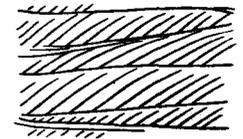


Рис. 52. Многоэтажная косая слоистость (характерна для речных отложений)  
По Е. П. Брунс

Форма косых слойков в речных косослоистых песках может быть различной; они, как правило, довольно параллельны и прямолинейны, но могут и постепенно выполаживаться и сходиться к кровле, реже к основанию серии, образуя на небольшом протяжении переходы к почти горизонтальной слоистой пачке. При спадах воды и замедленном течении, например в пойменных частях речных долин, могут образоваться более сложные типы слоистости, состоящие из чередующихся маломощных горизонтальных, волнистых и косых серий слоев с наклоном в одном преобладающем направлении.

Косая слоистость речного типа бывает выражена в породах различного гранулометрического состава (от алевролитов и песчаников до конгломератов). Характерна довольно плохая сортировка материала, иногда варьирующего по размерам частиц от ила до валунов; нередко прослойки глины в виде линз и карманов, глиняные окатыши и знаки ряби. Водные кварцевые пески, в отличие от ветровых, нередко характеризуются водяно-блестящей шлифовкой поверхности зерен наряду с очень слабой обработкой частиц меньше  $0,5 \text{ мм}$ .

Для отложений временных потоков (в условиях жаркого климата с периодическими ливнями и засухами), в отличие от типично речных отложений, считается характерной слоистость с правильным многоэтажным чередованием небольших очень круто наклонных косых и горизонтальных серий (см. рис. 46). Материал косых серий, соответствующих периодическим ливням, грубее, чем горизонтальных пачек. Косые слойки каждой серии параллельны и прямолинейны. Угол наклона достигает  $40^\circ$ . Резкие несогласия наблюдаются как в почве, так и в кровле косых серий. Характерны слабая обработка материала и грубая сортировка — большие различия в крупности обломков в одном слое (от ила до валунов).

Отложения временных потоков горных стран нередко (например, в Средней Азии) характеризуются более или менее правильным линзовидно-горизонтальным наслоением плохо отсортированного щебенчатого

материала с цепочковидным расположением наиболее крупных обломков. Плоскости наложения при этом наклонены сообразно с наклоном дна потока (всего до 5—10°).

Косая слоистость в дельтовых отложениях имеет типичные отличия, главным образом в условиях небольших дельт, на побережьях озер и внутренних морей. Косая слоистость образуется здесь в условиях быстрого уменьшения скорости течения речного потока при впадении в озеро или море. В связи с этим отложения дельт обычно состоят из трех частей (рис. 53): 1) кровли из горизонтальных или слабо наклонных слоев (аллювиальная часть), 2) серии косых слоев, соответствующих переднему нарастающему фронту дельты, выполаживающихся в основании и постепенно переходящих в 3) почти горизонтальные слои почвы (морская часть).

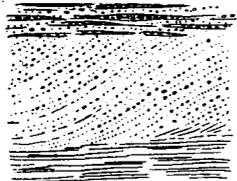


Рис. 53. Диагональная слоистость (характерна для дельтовых отложений)

Аллювиальная горизонтальнослоистая серия состоит (в связи с постепенным продвижением дельты) из более грубого материала, а нижняя — косослоистая — нередко из более тонкозернистого материала. Направления наклона косых слоев нередко расходятся веером от места выхода речного потока и могут дать отклонения до 180° и более. Угол наклона в верхней части косой серии может достигать до 45° и постепенно выполаживаться к основанию серии. Соответственно характерна линзовидная или же лировидная вогнутость косых слоев. Одновременно происходит уменьшение крупности зерна в каждом косом слое. Верхние границы косых серий обычно неясные, расплывчатые.

Мощность отдельных косых серий в дельтовой косой слоистости может достигать нескольких десятков метров. В результате периодических поднятий уровня озера или моря может получиться многоярусная слоистость дельтового типа.

Мощные отложения крупных дельт, образующиеся в условиях длительного погружения и многократных колебаний уровня бассейна, имеют более разнообразное строение и пестрый фациальный состав. Они представлены переслаивающимися прибрежно-морскими, речными дюнными и озерно-старичными осадками. В связи с этим косая слоистость отличается здесь большим разнообразием генетических типов.

Косая слоистость, отмечаемая среди отложений эстуариев, почти не изучена. Наличие небольших косослоистых пачек со слоистостью типа периодических потоков в достоверно морской толще нередко указывает на эстуарно-морскую смену условий отложения.

В прибрежно-морских отложениях косая слоистость морфологически наименее определена, что объясняется не только слабой изученностью, но и разнообразием динамических условий отложения осадков. Образование слоистости в прибрежной полосе моря происходит под влиянием волнения и течений, которые могут чередоваться с фазами относительного затишья. В связи с этим для морской слоистости характерно частое взаимное замещение горизонтальных, косых и волнистых серий. Наклон косых слоев замечается нередко в самых различных направлениях и резко меняется в соседних сериях, что придает слоистости перистый вид. Трудно даже разграничить отдельные серии, порой связанные постепенными или неясными границами и переходами. Преобладает наклон косых слоев в сторону от берега. Углы наклонов, как правило, пологие. В полосе баров и пересыпей наблюдаются взаимно противоположные наклоны косых слоев. Показателем для прибрежно-морской косой слоистости сравнительно мелкий масштаб серии (несколько десятков сантиметров).

Существенным признаком прибрежно-морских косослоистых отложений могут считаться отсутствие резких разделяющих границ между сериями и постепенность перехода осадков разной крупности зерна.

Вполне сходные по морфологическим особенностям типы косой слоистости могут образоваться и в прибрежной части крупных озер, где динамические условия отложения осадков довольно близки к прибрежно-морским. Для их разграничения поэтому необходимо учитывать все остальные фациально-литологические особенности пород и характер строения толщи. На рис. 54, даны параллельные изображения типичных форм современной и древней косой слоистости (в продольных сечениях).

Косая слоистость может быть использована не только как показатель условий осадконакопления, но и для различных палеогеографических построений, о чем будет сказано ниже.

Полевые наблюдения над слоистостью и особенно над косой и сложной слоистостью должны обязательно сопровождаться зарисовками, для косой слоистости желательным в сечениях, близких к продольным, всегда с указанием масштаба и азимута зарисовки. Фотографические снимки столь же необходимы, однако не могут заменить зарисовок, так как на фотографиях слоистость может быть сильно затуманена или искажена окраской породы, тенями и другими подробностями. Зарисовки необходимо делать с соблюдением истинного масштаба углов наклона. На них следует отмечать условными знаками структурные и другие литологические особенности пород, а также места взятия образцов.

Надо помнить, что любое словесное описание слоистости не заменит рисунка и снимка, а они, в свою очередь, неполноценны без образцов породы и без внимательного полевого анализа-описания.

Изучения слоистости в одном обнажении обычно недостаточно для выводов о фациальном характере отложений. Для более достоверных выводов необходимо производить регулярные наблюдения в ряде точек на всей изучаемой площади распространения данной толщи.

Описания характера слоистости в каждом выходе должны быть индивидуализированы, должны содержать лишь существенное, конкретно наблюдаемое в каждом данном месте. Наряду с этим необходимо про-

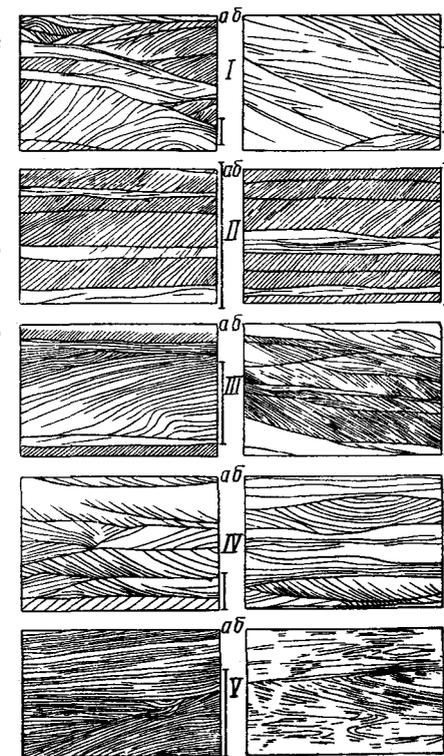


Рис. 54. Примеры косой слоистости в современных и древних осадочных толщах различного генезиса  
По А. В. Хабакову, 1952

I — косая слоистость дюнных песков: а — современные золотые пески (по Томпсону), б — дюнные пески красноватой толщи нижнего карбона Минусинской котловины (по Е. Э. Разумовской); II — косая слоистость периодических потоков: а — современные пески в пойме реки в пустыне (по А. В. Хабакову), б — верхнепермские красноватые пески в Чкаловской области (по А. В. Хабакову); III — косая слоистость крупных рек: а — современные пески Волги (по Г. В. Лопатину), б — нижнекаменноугольные речные пески второго основного цикла угленосной толщи в Боровичском районе (по Е. П. Брунс); IV — косая слоистость дельтовых песков: а — современные пески подводной части дельты на норвежском побережье близ Богуслена (по Хессланду), б — дельтовые пестроцветные пески и глины верхнедевона на р. Ловати (по Д. В. Обручеву); V — косая слоистость в прибрежно-морских песках: а — современные литоральные пески на калифорнийском побережье у Сан-Педро (по Томпсону), б — триасовые литоральные песчанники Германии (по Френтцену). Масштабная линейка у рисунков соответствует 1 м

водить в поле по заранее составленному вопроснику систематизированное сравнение данных.

#### Программа полевых наблюдений над особенностями слоистости.

Такую программу следует заблаговременно составить в виде краткого перечня вопросов на небольшом листке плотного картона, вкладываемом в виде памятки в полевую книжку. Приведем примерный перечень этих вопросов:

1. Тип и отчетливость слоистости [неясная, прерывистая, отчетливая, очень резко выраженная, горизонтальная, линзовидная, ленточная, волнистая, диагональная (косая, чередующаяся с горизонтальной), перекрестная, диагонально-перекрестная, сложная многоярусная, перистая или клиновидная].

2. Масштаб слоистости в пласте породы (глыбовые — более 0,5 м, крупнослоистые — 0,1—0,5 м, слоистые — 10—2 см; тонкослоистые — 2—0,2 см, листоватые — меньше 2 мм между поверхностями наложения).

3. Характер чередования и границ прослоев.

4. Видимые причины слоистости (изменчивость химического и минералогического состава, крупности зерен, обилия цемента; первичная неоднородность окраски; неодинаковость расположения галек, песчинок, включений).

5. Взаимосвязь в изменениях особенностей слоистости, фациального характера и мощности отложений; отношение органических остатков, включений, конкреций, минерализации и оруденения к тем или иным особенностям слоистости.

6. Тип, морфологические особенности и ориентировка косой слоистости (величина и форма косых слоев, преобладающие направления и углы наклона косых слоев; мощность и распространение косослоистых пачек; различия по вещественному составу, зернистости и фациальному характеру косослоистых и горизонтальных прослоев изучаемой толщи).

Независимо от степени подробности наблюдений, непременно следует регулярно делать полевые зарисовки и фотоснимки слоистости, снабжать их масштабом, отмечать азимут (положение стенки выхода) или направление снимка. При опрокинутом или очень крутом залегании необходимо в каждом выходе записывать признаки и наблюдаемое положение первично-верхних сторон наложения.

Надо принять за правило отбирать ориентированные образцы, характеризующие важные особенности слоистости.

При наблюдениях над осадочными породами в складчатых областях важно замечать, не является ли слоистость местами (где именно) деформированной (сплюсненной, растянутой, разорванной, раздробленной). Важно установить, часты ли и насколько значительны такие деформации, образовались ли они еще до полного окаменения пластов или под влиянием последующего метаморфизма и смятия.

Наблюдения над диагенетическими и вторичными деформациями слоистости и другими текстурными особенностями отложений дают возможность судить:

- 1) о первоначальном объеме и свойствах осадков;
- 2) о масштабе превращений свойств и мощности пластов под влиянием литификации, метаморфизма и складчатости;
- 3) о характере тектонических перемещений (положении эллипсоида деформации).

Для последней цели необходимо систематическое изучение текстуры и структуры с отбором ориентированных образцов оолитовых пород (слоистых оолитовых железняков, мергелей, известняков), в которых по степени и направлению сплющивания оолитов можно определить вид и пространственное положение эллипсоида деформации.

## НАБЛЮДЕНИЯ НАД ПЕРВИЧНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАСЛОЕНИЯ

Наблюдения над первичными особенностями поверхностей наложения могут облегчить выяснение происхождения и условий залегания осадочных толщ. К числу этих особенностей относятся: ископаемые знаки ряби, первичные трещины, отпечатки дождевых капель, кристаллов льда и др.

При изучении флиша и других ритмично наложенных почти немых толщ наблюдения над первичными особенностями поверхностей наложения обязательны при съемочных работах любых масштабов.

Изучив в таких толщах, например, формы и происхождение первичных трещин и знаков ряби, можно надежно отличать верхние поверхности пластов от нижних, а следовательно, и отличать опрокинутое залегание от нормального в условиях изоклинальной складчатости и в других сложных случаях дислокаций.

Знаки ряби, образованные течениями, волнами или ветром, довольно часто сохраняются в ископаемом состоянии в виде многочисленных валиков или гребней на поверхностях пластов. Знаки ряби приурочены только к верхней поверхности слоев, чем они и отличаются от вторичной пloyчатости (захватывающей всю толщину слоя и пласта). Чаще всего знаки ряби встречаются в песчаных породах, реже в известняках (рис. 55). По условиям образования нужно отличать прежде всего ветровую рябь от водной ряби течения и ряби волнения (рис. 56).

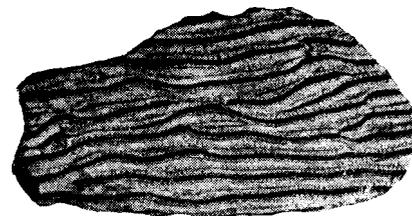


Рис. 55. Волноприбойные знаки ряби на поверхности докембрийского песчаника. 1/20 нат. вел. По Седергольму

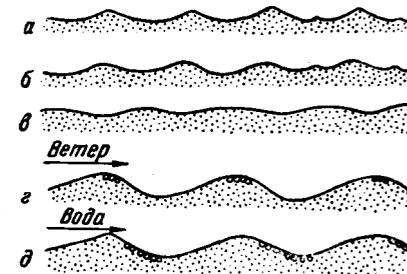


Рис. 56. Поперечные сечения волноприбойных знаков ряби (а, б, в — разные формы); внизу показано отличие ветровой ряби (z) от волноприбойной (d) по различному расположению крупных песчинок. По В. Н. Веберу

Среди знаков ряби водного происхождения в ископаемом состоянии чаще всего встречаются волноприбойные знаки или рябь волнения. Изучение этого типа ряби с систематическими замерами направления гребней (относительно стран света) особенно важно, поскольку ее распространение определяет местоположение древних берегов и линии прибоя в бывших озерных и морских бассейнах.

Чтобы определить генетический тип и закономерности расположения знаков ряби, надо наметить на образцах, если возможно, еще в коренном залегании расположение знаков ряби по отношению к странам света и верхней поверхности пласта, тщательно измерить их, описать и зарисовать (или сфотографировать) в плане и в поперечном сечении, с масштабом. Характерными показателями при измерениях знаков ряби являются величина амплитуды  $h$ , т. е. разница по высоте между гребнем и ложбинкой, и длина волны ряби  $l$ , т. е. расстояние между гребнями. Отношение длины волны к амплитуде дает характерный индекс типа ряби  $\frac{l}{h}$ . Поскольку валики ряби нередко бывают несимметричны (с более пологими и с более крутыми склонами), требуется еще опре-

делить горизонтальный индекс ряби или показатель асимметрии  $c$  (отношение ширины пологого и крутого склонов валика  $l_2:l_1$ ). Иногда в крупных знаках ряби можно прямо измерять углы наклона склонов валиков.

На зарисовках или на снимках в плане особенно важно правильно отобразить форму и расположение валиков ряби, характер их ответвлений, изгибов и взаимного наложения или перекрещивания.

По возможности, следует брать ориентированные и соответственно маркированные плиты, содержащие многочисленные знаки ряби (рис. 57).

Таким путем, имея образцы, ориентированные на месте, зная особенности и размеры зерен породы, в ряде случаев удавалось определить не только преобладавшее направление побережья, но и возможную глубину места, где образовались водные знаки ряби. Выявив закономерность в географическом расположении валиков ряби, удавалось установить преобладавшее положение полосы прибоя или направление течений в данном месте.

Ветровые (эоловые) знаки ряби обычно отличаются от любых водных рябей наибольшим значением индексов. Длина волны (от 10 до 5 см) в ветровых знаках ряби, как правило, превосходит амплитуду знаков ряби в 30—50 раз (если только песок не сильно пылеват). Более грубые зерна осадка сосредоточиваются в ветровой ряби на гребнях, а не во впадинах (в водных же рябях — наоборот, см. рис. 56). В ископаемом состоянии ветровые знаки ряби с достоверностью не описаны.

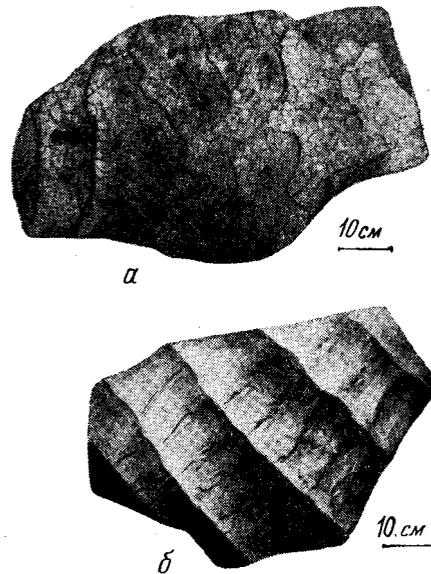


Рис. 57. Волноприбойные знаки ряби  
По А. В. Хабакову

*a* — плоско-асимметричный тип (близ линии прибоя); *b* — крупносимметричный перекрестный тип (на довольно значительных глубинах в зоне прилива и отлива)

Волновая рябь отличается от всех других типов наименьшими индексами: длина волны (50—0,5 см, обычно 12—3 см) в ряби волнения только в 4—10 раз больше амплитуды. Распространенное мнение, что ряби волнения всегда симметричны и отличаются резко приостренными гребнями валиков, не вполне правильно. Этими свойствами отличается рябь лишь на известных глубинах мелководного дна. Прибрежная рябь в зоне прибоя обычно асимметрична, с более крутыми склонами валиков, обращенными к берегу. На любом пляже, особенно на кромке полосы прибоя, или в условиях сильных ветров можно встретить довольно много разновидностей несимметричных волновых знаков ряби с крутыми склонами валиков, набегающими на сушу (см. рис. 57).

Ископаемые знаки ряби течения довольно часто встречаются как в дельтовых и речных отложениях, так и в морских. В речных отложениях хребтики ряби встречаются довольно глубоко на дне, а также около берегов, где располагаются то поперек, то вдоль направления берега. Благодаря этому в речных отложениях встречаются характерные прямоугольные стыки направлений валиков ряби волнения и течения, находимые и в ископаемом виде (на одной и той же поверхности плиты). Речные знаки ряби течения отличаются неправильно дугообразным чешуйчато-черепитчатым расположением; слабая асимметрия склонов валиков здесь не всегда обращена по направлению течения (не так, как в морских).

Систематические зарисовки и замеры расположения валиков ряби в плане вместе с профилями поперечного сечения и описаниями остальных отличий могут дать важные указания относительно обстановки образования данных пластов. Особенно интересны и показательны в этом смысле находки различного рода смыкающихся (изменяющих направление), пересекающихся, скрещенных систем знаков ряби, в результате чего получаются языковидные, ромбоидальные и зазубренные сетки, а также сложные чередования (параллельные наложения разных валиков ряби) с перемежаемостью валиков разной высоты и формы и сложным их жилкованием в ложбинках. Ромбоидальное (похожее на отпечатки чешуй или хвойных шишек) пересечение знаков ряби характерно для очень мелководных заметно покатых частей дна. Резкое пересечение или наложение очень крупной почти симметричной ряби волнения характерно для полосы сильного прилива и отлива. Важно наблюдать совместное нахождение и взаимные отношения ряби и косой слоистости.

Как обилие, так и почти полное отсутствие знаков ряби в изученных породах нередко весьма показательны. По экспериментальным данным, водные знаки ряби создаются главным образом при таких скоростях волнения и течения, когда приходят в движение песчинки поверхности осадка. Если же скорость движения воды увеличивается настолько, что увлекается уже не одна поверхность рыхлого обломочного осадка, но и значительный по глубине слой, знаки ряби исчезают. Если скорость движения воды еще более увеличивается, в движении приходит очень значительный осадок, на поверхности начинают возникать и передвигаться крупные валы и впадины «песчаных волн» (которые называют также антидюнами и метарябью). Песчаные волны, антидюны и метаряби встречаются в ископаемом виде очень редко, характеризуются они крупными размерами (высотой волны до 0,1—0,7 м, длиной до 10—20 м).

По виду знаков ряби можно примерно определить глубину их образования (обычно 0,5—15 м, иногда до 200 м), для чего необходимо не только изучить форму и внешний вид знаков ряби, но и учитывать размеры, степень окатанности зерен и другие особенности самой породы.

Не следует упускать из вида, что в рыхлом насыщенном влагой песке знаки ряби иногда сильно видоизменяются, расплываются, разрушаются уже вскоре после возникновения. В окаменелом виде такие расплывшиеся ряби выглядят совсем иначе, чем во время их образования. Следы такого последующего преобразования и разрушения нередко встречаются в виде выветрелых, осыпавшихся борозд и канавок на гребнях ряби.

Борозды струй отлива, иногда наблюдаемые в ископаемых мелководных илах, а также борозды донных течений также дают возможность судить о направлении движения водной среды, где происходило осадкообразование. Вид отпечатка (верхней поверхности) и контротпечатка (нижней поверхности) таких борозд неодинаков и ясно отличим, что тоже позволяет судить об опрокинутом или нормальном залегании пластов.

Разнообразные по своему происхождению первичные трещины на поверхности наслоения, нередко сохраняющиеся в ископаемом состоянии, прежде однозначно называли трещинами высыхания, что, однако, не всегда правильно.

Обнаружив первично-растреснутые поверхности пластов и доказав образование их еще до окаменения породы, надо описать и зарисовать такие поверхности с первичными трещинами (в плане и в поперечном сечении). По расположению, размерам, общему облику первичных трещин в ряде случаев ясно можно отличить ископаемые трещины

высыхания (рис. 58) от трещин подводных и мерзлотных.

Первичные трещины встречаются на поверхности тонкозернистых песчано-глинистых пород, реже на мергелях, доломитах и даже на гипсах. Местами верхняя поверхность некоторых пластов бывает почти сплошь покрыта многоугольной или неправильно лучистой сетью первичных трещин, врезающихся книзу в пласт в виде рубцов с неровным остроклиновидным сечением.



Рис. 58. Типичные трещины высыхания на поверхности красноцветного кварцито-песчаника докембрия Балтийского щита.  $\frac{1}{7}$  нат. вел.  
По Хёгбому

Решить, являются ли обнаруженные первичные трещины трещинами высыхания, трещинами вымораживания или подводными трещинами (возникшими вследствие коллоидного свертывания, т. е. уменьшения объема ила), можно на основании сопоставления их особенностей с совокупностью свойств и генетических признаков самой породы.

Настоящие первичные трещины высыхания (такырное растрескивание), если они встречаются постоянно и часто, сопровождаются выцветами карбонатов, первично-красноцветной окраской пластов, свернутыми в листочки корочками высухавшей и отслоившейся поверхности ила. Следовательно, они указывают на засушливый или переменено-влажный жаркий климат времени образования данной толщи (рис. 59). Трещины высыхания обычно образуют сплошную и довольно крупную сеть полигонов, причем эти площадки-шапки в середине между трещинами чаще вогнуты, а не выпуклы (рис. 60).

образуют сплошную и довольно крупную сеть полигонов, причем эти площадки-шапки в середине между трещинами чаще вогнуты, а не выпуклы (рис. 60).

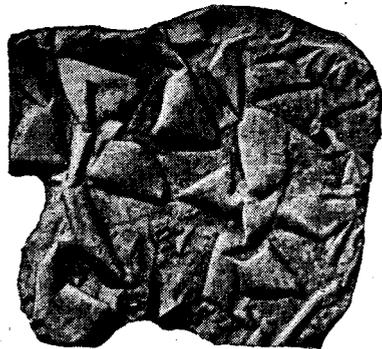


Рис. 59. Ископаемый отпечаток поверхности свертывания корок ила.  $\frac{1}{7}$  нат. вел.  
По Э. Кайзеру

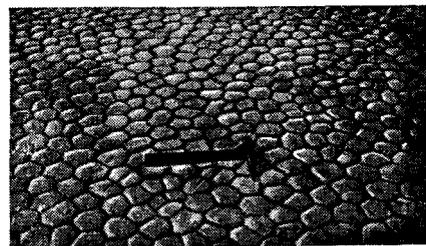


Рис. 60. Такырные многоугольники, образовавшиеся на поверхности ила вследствие растрескивания при высыхании  
По Твенхофелу

Подводные трещины, возникшие вследствие коллоидного старения и свертывания донных илов, чаще образуют звездчатые, не сплошные группы рубцов, развивающихся из глубины пласта и связанных с проседанием и кольцевыми обрушениями поверхности.

Полигональные мерзлотные трещины, образовавшиеся вследствие вымораживания грунтов, встречаются совместно с отпечатками кристаллов донного льда и нередко вызывают многоугольно-кольцевое расположение галек и валунов, выдавленных из центров полигонов мерзлотным давлением более насыщенного влагой тонкозер-

нистого грунта. Соответственно центры мерзлотных полигонов между трещинами обычно имеют вид резко выпуклых подушек. Размеры трещин вымораживания грунтов разнообразны, нередко очень значительны. Так называемые «ледяные клинья» и «косы» четвертичного возраста в приледниковых областях и в зоне вечной мерзлоты доходят до нескольких метров в ширину. В разрезе ископаемых «ледяных клиньев» местами наблюдались резкое выпучивание заполняющих трещину пластичных пород (суглинков, глины) и выдавливание кверху элювия коренных пластов, рассекаемых «клиньями».

В тех случаях, когда ископаемые первичные трещины поверхности напластования находятся на границе тонкозернистого и грубозернистого пластов (например, на границе песчаника и глины), по расположению остриев клиньев трещин, если пласты сильно дислоцированы, можно судить об их опрокинута или нормальном залегании.

Ископаемые отпечатки кристаллов льда и различных солей, растворившихся после отложения или после окаменения осадка, а также отпечатки дождевых капель довольно часто находятся в древних красноцветных лагунных, ледниковых и озерных отложениях.

Ископаемые отпечатки кристаллов каменной соли и гипса довольно легко распознать по их характерному ограничению и кристаллографическому облику. Отпечатки кристаллов донного льда в илах имеют вид трехлучевых или неправильно пересекающихся мелких ножевидных пластинок, реже игл (рис. 61).



Рис. 61. Обратный отпечаток ископаемых борозд от кристаллов донного льда  
По Твенхофелу

Отпечатки дождевых капель, не раз встречавшиеся в ископаемом состоянии на поверхности плитчатых глинистых сланцев и мергелей, имеют вид сплюснутых чашевидных луночек небольшого размера (меньше 0,7 см), нередко со следами от разбрызгивания капель. Трудно в ископаемом виде отличить такие отпечатки от отпечатков, образовавшихся при разбрызгивании капель вследствие подъема газовых пузырей в илу, от неясных отпечатков растворившихся оолитов и от мелких округлых конкреций («оспенные структуры»).

При тщательных литологических и палеонтологических исследованиях толщ, заключающих древние костеносные и ракушечные слои, могут быть сделаны находки окаменелых следов передвижения ракообразных и моллюсков, отпечатков лап древних четвероногих и птиц. Как примеры новых находок, можно привести открытие близ Сухуми пластов со следами ползания крабов (Л. К. Габуния) или в Фергане пластов со следами ползания крабов (Р. Ф. Геккер). Подобные следы древней жизни имеют большую научную ценность, и они должны быть замерыны и сфотографированы в том случае, если их никак нельзя взять в образцах.

Гораздо чаще как внутри пластов, так и на их верхней поверхности встречаются окаменелые, порой весьма затейливо извивающиеся, характерные ходы — следы ползания червей.

Флишевые гиероглифы — особенные и разнообразные по виду и происхождению рельефные отпечатки, часто встречающиеся на

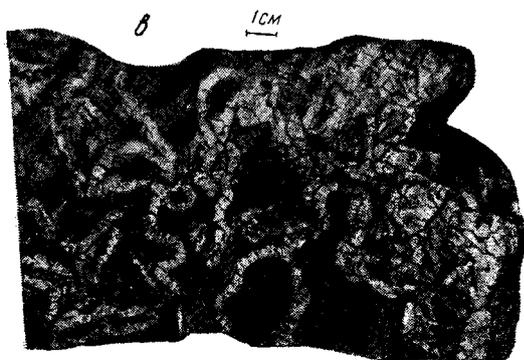
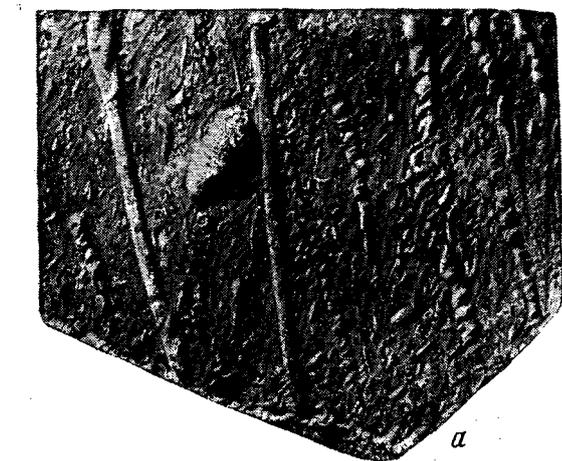


Рис. 62. Гиероглифы — обратные отпечатки на песчаниках и алевролитах  
По А. В. Хабакову (1935)

а — борозд от раковин ортоцератитов, влекомых течением у дна; б — оплывин; в — следов ползания червей

поверхностях пластов песчаников и в карбонатных породах среди флишевых толщ, чаще всего приурочены, в отличие от большинства других первичных неровностей рельефа напластования, к нижним поверхностям пластов (рис. 62). Они, очевидно, представляют собой негативные отпечатки борозд и всевозможных оплывин еще не затвердевшей поверхности осадка, отразившиеся, как на слепке, в основании покрывающего пласта. В тех разрезах, где типичные флишевые гиероглифы встречаются сверху на пластах, смятых в сложные складки, эти пласты находятся, по всей видимости, в тектонически опрокинутом залегании.

Опрокинутое залегание флишевых гиероглифов можно считать доказательным, если гиероглифы, возникшие на поверхности размыва тонкозернистого ила, прикрытой песком, заполнившим все бывшие на поверхности ила углубления, оказываются залегающими над песчаником.

**Программа полевого изучения поверхностей пластов.** Наблюдения в поле требуют регулярного внимательного осмотра верхних и нижних поверхностей пластов с зарисовками, фотоснимками и с отбором образцов, заслуживающих дальнейшего изучения. Образцы нужно брать, по возможности, ориентированные, однако не следует пренебрегать и образцами, найденными в осыпи. Фотоснимки и зарисовки должны иметь запись направления, масштаба и отметки положения (верх—низ).

В описаниях знаков ряби, первичных трещин, борозд, гиероглифов должны быть учтены следующие данные:

1. Типичные отличия верхних и нижних границ пластов, свидетельствующие о размывах, перерывах (паузах в отложении) или о непрерывности осадконакопления, позволяющие установить нормальное или опрокинутое залегание.

2. Видимые признаки подводного или наземного происхождения, относительной длительности и распространенности межпластовых размывов и перерывов.

3. Взаимосвязь тех или иных особенностей границ пластов с их внутренним строением (с увеличением или убыванием крупности зерен в пласте снизу вверх, особенностями слоистости, составом и характером органических остатков и пр.).

4. Особенности знаков ряби (часто ли встречаются, в каких пластах, внутри или на поверхности пластов, характерные особенности формы ряби; каких размеров, амплитуды и длины волны валиков, асимметричны или вполне симметричны; куда обращены более крутые склоны валиков в коренном залегании, как ориентированы и в какую сторону чаще ветвятся валики в плане — в каждом изученном месте; нет ли общей закономерности, т. е. определенной направленности в расположении валиков ряби определенного типа в изучаемой толще; случаи интерференции знаков ряби разной величины, формы и разного направления).

5. Наличие ископаемых борозд течения и их особенности.

6. Сингенетические трещины на поверхностях напластования, их типы и особенности (в каких пластах; нет ли связи с характером, составом, окраской, остальной текстурой поверхности породы; какого размера, вида и рисунка сети трещин в плане; нет ли обычной вогнутости или выпуклости поверхности полигонов, разделенных первичными трещинами; видимые признаки такырного, солифлюкционно-морозного, диагенетического, древнеоползневоего или же сейсмического происхождения ископаемых трещин и расщелин).

7. Ископаемые отпечатки кристаллов (глиптоморфозы по колчедану, каменной соли, гипсу, арагониту, сульфатам и др.), отпечатки дождевых капель, их особенности и условия их нахождения в связи с фациально-литологическими свойствами пластов.

8. Особенности гиероглифов, скульптурно резких первичных неровностей поверхности напластования, связанных с сингенетическим оползанием, вспучиванием, бороздами течения, следами ползания организмов и пр. (типы и вероятное происхождение гиероглифов, их нахождение преимущественно на нижних или на верхних поверхностях пластов, связь с определенной ритмичностью чередования пластов, преобладание или отсутствие определенной ориентировки, какой и где именно).

### НАБЛЮДЕНИЯ НАД ОРИЕНТИРОВКОЙ ОБЛОМОЧНЫХ ЗЕРЕН И ПЕРВИЧНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Изучение ориентировки (направленности в расположении) обломочных зерен и включений в отложениях является ценным новым методом литологических и палеогеографических исследований, применимым для решения ряда задач, возникающих при геологической съемке и при поисках полезных ископаемых, в особенности в тех случаях, когда необходимо выяснить подробную картину направлений сноса во время образования данной толщи.

В отличие от прежних представлений, в настоящее время коренным образом меняется взгляд на текстуру и структуру осадочных пластов и толщ: выясняется отнюдь не хаотическое, а закономерное, не беспорядочное, а ориентированное строение, обусловливаемое упорядоченностью режима движения физической среды, создававшей отложения.

Даже такие породы, как, например, ледниковые валунные отложения (морены), которые на первый взгляд характеризуются совершенно беспорядочным расположением частиц, при тщательном количественно-статистическом изучении оказываются в ряде случаев состоящими из довольно закономерно расположенных обломков. В связи с часто наблюдаемой упорядоченностью ориентировки частиц по их длине (по оси *A*) и по наклону более плоской стороны (поперек к оси *C*) возникает возможность рассматривать каждый пласт обломочной или содержащей первичные включения (например, обломки древесины, раковины) породы как запечатленный в ископаемом виде слепок с вековой картины движения былых потоков, морских течений, прибоя или льдов, создавших эти отложения.

Более или менее упорядоченными по направлению частиц или по наклону косоугольности оказываются даже переработанные ветром древние дюнные пески. В исследованных случаях оказалось также, что в прибрежно-морских, озерных и речных отложениях значительные массы удлиненных и уплощенных галек, обломочных частиц и включений располагаются с наклоном их наиболее плоских сторон навстречу преобладавшему направлению движения воды, а по длине (в плане) — вдоль или поперек этого направления. В прибрежно-морских галечниках иногда до 73% всей массы продолговатых галек располагается по длине более или менее вдоль линии прибоя и с наклоном уплощенных сторон преимущественно от берега в сторону бассейна. В отложениях мощных и быстрых речных потоков гальки располагаются чаще поперек и плоскими сторонами с наклоном навстречу течению реки (рис. 63).

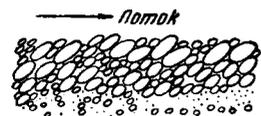


Рис. 63. Черепитчатое расположение плоских галек с наклоном навстречу течению, обычное для речных конгломератов. По В. Н. Веберу

В основных моренах ледников значительная доля удлиненных валунов располагается в длину более или менее согласно с направлением царапин на «бараньих лбах», т. е. по направлению движения ледника, реже (в особенности в донной морене) поперек к направлению ледяного потока. Самым полезным по определенности выводов и простоте изучения признаком, ориентирующим в осадочных отложениях, является косая слоистость. Преобладающий наклон косых прослоек прямо указывает на господствовавшие направления водных или ветровых струй.

Сравнив, совпадают ли между собой или почти противоположны направления преобладающего наклона косоугольности и наклона галек в конгломератах и галечно-гравийных песчаниках, можно определить литоральное или потоковое происхождение пластов.

В речных галечниках наблюдается наклон галек, как правило, направленный против течения, т. е. навстречу наклону косоугольности. В устьевых расширениях долин и на побережьях водоемов наклоны галек и косоугольности обычно совпадают с направлением течения.

Ценным ориентирующим признаком динамики среды осадкообразования могут быть также скопления линейных обрывков граптолитов, переложенных растительных остатков (стволов, стеблей), длинных раковин (ортоцератитов, тентакулитов, гастропод, фузулинид), костей и другие органогенные скопления, переложенные и сгруппированные в породах во время отложения.

Особенно ценные данные можно получить при изучении направленности расположения в скоплениях ортоцератитов, белемнитов, тентакулитов, башенковидных гастропод и других удлиненных с неравными концами остатков скелетов организмов. Определение направленности в таких скоплениях раковин и других органических остатков дает возможность однозначно решать, было ли создано скопление раковин работой течения, потока или же волнения, прибоя и куда именно было направ-

влено течение или как располагалось побережье. Направление, в котором по преимуществу ориентированы раструбы длинных раковин, прямо указывает на действие потока, течения и определяет, куда именно шло течение в данном месте. Если же в скоплении удлиненных раковин ясно заметно их субпараллельное расположение, однако раструбы раковин не направлены в какую-либо одну сторону, следует предположить, что пласт создавался прибоем, но не течениями, причем субпараллельность чаще соответствует направлению побережья.

Если обнаруживаются явные различия в направленности скоплений удлиненных раковин, стволов, костей различной величины или формы в одном пласте, подобные различия ориентировки в связи с размерами и формой могут дать основание для определения скоростей потока, течения, прибоя.

Есть указания, что иероглифы во флише (отпечатки борозд, оплывин ила и другие скульптуры на нижней поверхности пластов) тоже регионально ориентированы. Это обстоятельство открывает большие дополнительные возможности для выяснения палеогеографических условий образования флишевых толщ.

Анализ ориентировки обломочных частиц и первичных включений незаменим во всех случаях, когда требуется детально выяснить вековые направления сноса обломочного материала не вообще для данной области, а для определенных пунктов и пластов: при изучении образования россыпных месторождений, выяснении центров рассеяния рудных валунов (валунно-поисковый метод), условий образования и распространения залежей каменного угля, нефтеносных пластов. Работы такого рода должны быть комплексными, т. е. связанными со всесторонним фациально-литологическим изучением остальных наиболее существенных особенностей отложений, должны основываться на тщательных массовых измерениях в пунктах, возможно более точно приуроченных к одному стратиграфическому горизонту и территориально равномерно расположенных. В связи с новизной метода от наблюдателей требуется особая осторожность в замерах и выводах. Основным для возможности применения анализа ориентировки является вопрос: достаточно ли избранного числа замеров в каждом данном пункте наблюдений? Этот исходный вопрос о минимально необходимом и достаточном числе наблюдений в каждой серии замеров (в каждом пункте) вернее и проще всего можно решить путем пробных, повторно увеличиваемых по численности серий замеров в двух-трех пунктах.

Допустим, что первое пробное измерение ориентировки 120 галек в конгломерате или 471 обрывка стеблей из данного пласта ясно обнаружило направленность их расположения. Те же самые пронумерованные измерения будем наносить на диаграмму—розу частот — последовательными порциями (25, 50, 75, 100, 150, 200 замеров и т. д.). Допустим, что при нанесении уже первых 50—100—150 замеров на диаграмме отчетливо установится картина распределения, по существу та же, что и при дальнейшем увеличении числа измерений (вплоть до 120 или до 471 замера). Предположим, что вторая пробная серия из десятков и сотен замеров в другом пункте на таком же объекте, столь же последовательно наносимая на диаграмму возрастающими порциями, равным образом показала, что картина распределения вполне выявляется уже при нанесении первых 100—150 замеров. Это — минимальное число мы и получаем право избрать как необходимое и достаточное в каждой серии измерений в одном пункте для данного объекта исследования. Расчет и опыт показывают, что в большинстве случаев необходимы и достаточны нижеприведенные наименьшие числа замеров (в одном пункте наблюдений): наклона косоугольности или ориентировки крупных знаков ряби — по 40—50, галек и валунов — по 100—150 (нередко даже всего по 50), ортоцератитов, граптолитов и других до-

вольно крупных линейных включений — по 100—150, мелкого растительного детрита, тентакулитов, фузулин — по 200—300, продолговатых зерен в песчаниках — обычно не менее 300—400.

Тем не менее совершенно необходимо при каждом новом исследовании опытным путем выяснить минимально достаточное число замеров для данного объекта (на первых пробах из трех-четырех типичных выходов изучаемых отложений).

Чем резче заметно на глаз упорядоченное расположение частиц в изучаемых пластах, тем меньше нужно замеров в каждой серии. Иногда встречается настолько резкое упорядочение различных объектов, что вполне достаточно определить компасом заметное на глаз преобладающее направление ориентировки.

На массовые замеры в каждом пункте наблюдений требуется дополнительное время: при замерах косої слоистости 2—3 часа, при замерах ориентировки галек 3—4 часа.

Если изучение ориентировки решено произвести попутно во время работ по геологической съемке масштаба 1 : 50 000 или 1 : 200 000, за лето можно уделить этому делу дополнительно не больше 10—15 дней, т. е. специально изучить не больше 20—30 пунктов наблюдений. Но при равномерном расположении даже небольшого числа пунктов наблюдений и при условии достоверной приуроченности данных к одной пачке пластов можно получить результаты, достаточные для обоснованного определения вековых путей переноса обломков, прежних течений, расположения былых побережий, движения прежних ледников и т. д. (рис. 64).

Анализ ориентировки скоплений раковин, растительных и других органических линейных остатков в пластах удобен тем, что он не отнимает много времени в поле, если не считать отбора ориентированных плит. Измерения на взятых образцах могут быть сделаны в камеральных условиях (при помощи транспортира или на столике для вычерчивания глазомерной съемки — системы В. Н. Вебера).

Замеры наклона косої слоистости производятся компасом, с расчисткой площадок на поверхности каждого из прослоев возможно более разных направлений (по 5—10 замеров в каждой из 5—10 косо-слоистых серий в данном пласте), или же путем графических измерений азимутов и углов наклона по двум зарисовкам перпендикулярных стенок расчистки косо-слоистого пласта. Замеры расположения удлиненных и уплощенных галек в плане и в разрезе посредством компаса или по фотоснимкам не требуют пояснений. Для галек самым важным признаком является направление их наклонов. Значительно более надежны, точны и более экономны (в смысле затраты времени) замеры пространственного расположения галек при помощи их маркировки в коренных выходах, с последующими измерениями меченых галек на специальных приборах (литологических гониометрах). Маркировка галек производится в обнажении следующим способом. Прежде всего определяется горным компасом и записывается (в этикетке пробы и в записной книжке) азимут стенки изучаемого выхода пласта. Если пласт не горизонтален, записываются азимут и угол падения пласта. Замер азимута стенки обнажения производится всегда в одну сторону, именно вправо от наблюдателя. Затем приступают к маркировке галек в коренном залегании, намечая цветным карандашом на каждой из них при помощи отвеса компаса или экерной рамки (с натянутыми крест на крест нитями, с отвесом или водяным уровнем) прямоугольный знак с чертами — одной строго вертикальной и другой горизонтальной, обращенной вправо от наблюдателя, т. е. в виде заглавной буквы Г. После маркировки 110 галек (по ряд, безотносительно к размерам и составу) осторожно выколачиваем их из пласта и закрепляем метки смоченным химическим карандашом. Проба из 100—110 галек

средней крупности занимает от 4 до 6 мешочков, т. е. обычно умещается в сумке кавалерийского седла. На мечение и выколачивание галек из пласта обычно уходит от  $\frac{3}{4}$  до  $1\frac{1}{2}$  часа.

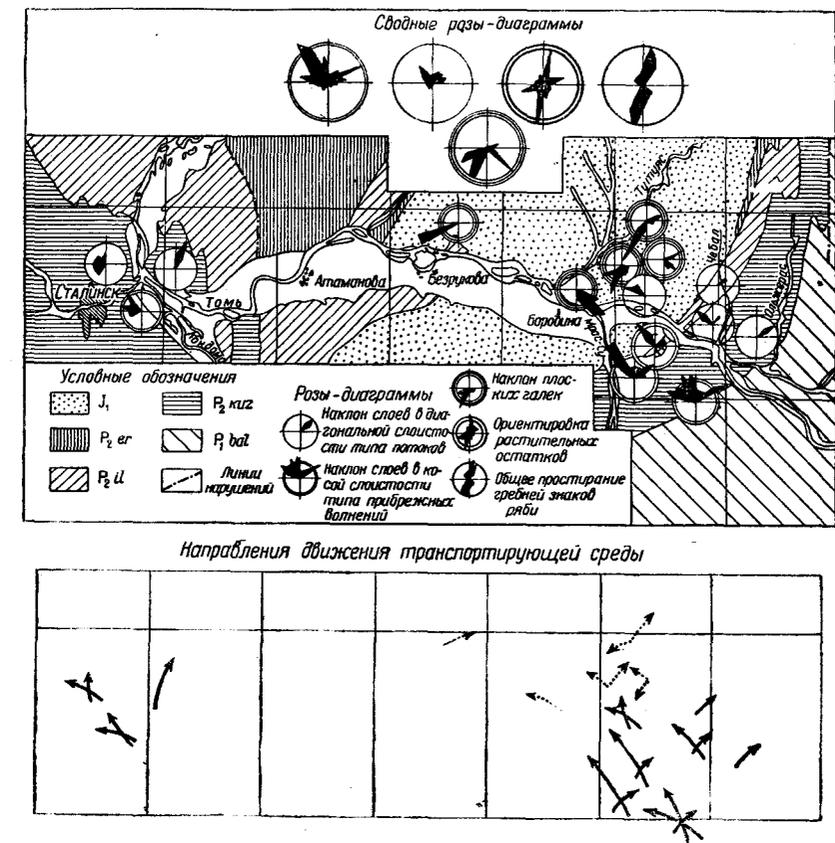


Рис. 64. Карта направлений движения потоков и течений, отлагавших осадки в эпоху образования пермских угленосных свит в юго-западной части Кузнецкого бассейна. Составлена по замерам преобладающего наклона косої слоистости, простирания гребней знаков ряби, ориентировки растительных остатков, наклона плоских галек. Обозначения свит: P<sub>2</sub>bal — балахонская свита, P<sub>2</sub>kuz — кузнецкая свита, P<sub>2</sub>il — ильинская свита, P<sub>2</sub>eg — ерунаковская свита, J<sub>1</sub> — нижнеюрские отложения. Внизу дано истолкование направлений потоков по фактическим данным карты. По П. Ф. Ли и В. И. Яворскому

Измерения ориентировки галек, маркированных в коренном залегании, производятся быстрее всего на специальном приборе — литологическом гониометре конструкции В. Н. Пашковского и А. В. Хабакова (чертежи прибора можно выписать из Всесоюзного геологического института в Ленинграде). Прибор Пашковского и Хабакова позволяет автоматически получать пересчет на первоначальное ненарушенное залегание при измерениях галек, взятых из дислоцированных пластов.

Упрощенным способом маркированные гальки можно измерить также на столике В. Н. Вебера, употребляемом для вычерчивания глазомерной съемки (изображение прибора Вебера можно найти в любом советском руководстве по методам геологической съемки). Вращающийся круг столика Вебера закрепляют по азимуту стенки выхода, затем в центре столика юстируют на пластелине каждую измеряемую гальку таким образом, чтобы ее метка (в виде заглавной буквы Г) заняла строго вертикальное положение. Таким образом мы установим на

столике гальку именно так, как она располагалась в коренном выходе пласта. Остается только при помощи компаса измерить на столике азимуты и углы наклона длинной оси *A* и плоской стороны (перпендикуляр к оси *C*) гальки.

Для измерений в полевых условиях следует использовать вечернее или ненастное время на базе, где хранятся пробы галек. Измерение одной пробы из 100—110 галек занимает около 3—4 часов. Чем гальки крупнее, окатаннее, уплощеннее, тем легче их измерять.

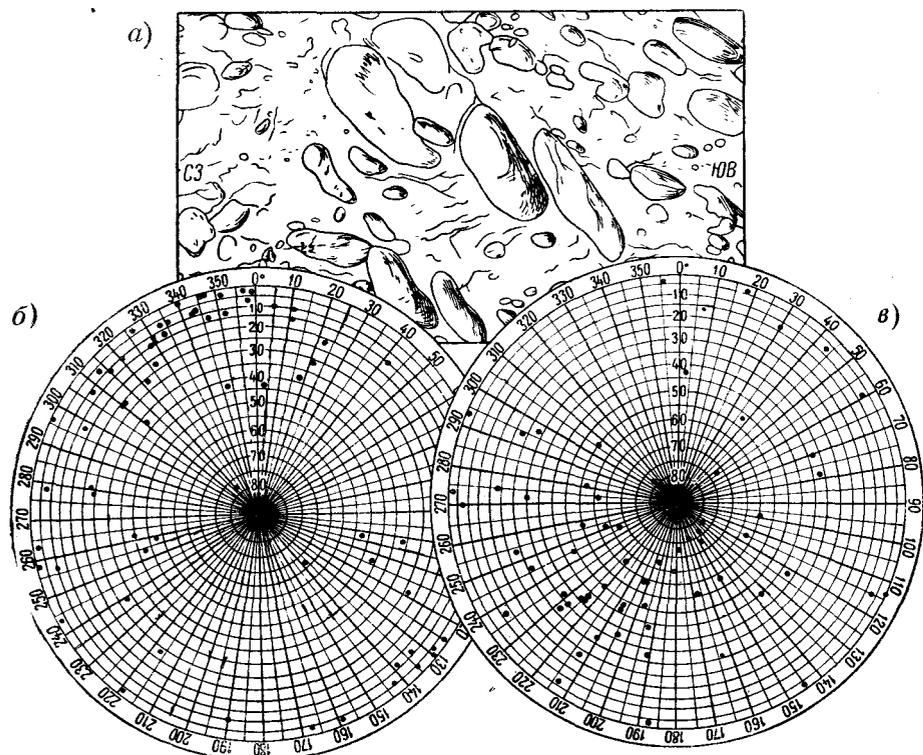


Рис. 65. Преобладающий черепитчатый наклон галек в конгломерате и результаты измерений, выраженные на круговой полярной диаграмме. По А. В. Хабакову  
*a*—полевая зарисовка расположения галек в пласте; *б*—диаграмма замеров расположения и наклона длинных осей галек (преобладает наклон к ЮЮВ 180—130°); *в*—диаграмма замеров наклона коротких осей галек, перпендикулярных к самым плоским сторонам (преобладает наклон плоских сторон галек к ЮЮЗ 200—230°).

Диаграммы построены по выходам осей кверху от плоскости стереографической проекции; выходы осей *A* параллельны длинным осям галек; выходы осей *C* перпендикулярны самым плоским сторонам

Результаты замеров ориентировки записываются в журнал (каждый замер в отдельности, под тем же порядковым номером, каким нумеруется сама галька), причем указывается измеренный наклон и азимут отдельно по осям *A* и *C* и т. д. Для каждого пункта наблюдений и для каждого пласта отдельно составляются диаграммы частот направлений.

Исходным способом изображения следует считать нанесение данных (каждого замера в виде точки с номером) на круговую полярную диаграмму, где центр обозначает вертикальное, окружность — горизонтальное положение; концентрическими поясами определяются возрастающие к центру диаграммы углы наклона через 5 и 10°; сетка же радиусов определяет географические направления ориентировки в плане (рис. 65).

Для точной пространственной фиксации положения галек необходима пара замеров (по осям *A* и *C*); для каждого пласта результаты замеров галек соответственно должны быть представлены парой диаграмм частот (наклонов по осям *A* и по осям *C*).

Совокупность точек замеров, нанесенных на полярную диаграмму, дает фактическую картину распределения ориентировки частиц, понятную без комментариев для тех, кто уже привык к такому способу изображения. Но для большей наглядности можно перевести изображение замеров в диаграммы-розы частот направлений наклона.

Диаграмма-роза частот может быть получена путем сосчитывания точек замеров, попавших в каждый из азимутальных секторов круга полярной диаграммы (через 10 или 15°), и вычерчивания соответствующей длины луча от центра диаграммы.

Диаграммы-розы частот наклона косої слоистости, наклона и расположения галек (по осям *A* и *C*) и т. п. в уменьшенном виде переносятся в соответствующие пункты наблюдений на карту. Они-то и должны составлять главную фактическую основу полевых палеогеографических схем прежнего распределения течений, потоков, направлений ветров, движения ледников для данной эпохи и области осадко-накопления.

Необходимо иметь в виду, что количественно-статистический анализ ориентировки частиц в осадочных породах может быть эффективным и надежным лишь на определенной, довольно высокой стадии стратиграфической и фациальной изученности данной толщи. Наиболее надежные результаты получаются при изучении одного и того же пласта или горизонта, хорошо обнаженного и почти ненарушенного или слабо дислоцированного. Что касается замеров ориентировки в дислоцированных отложениях, то, само собой разумеется, они тем менее надежны, чем дислоцированность толщ сильнее. Существуют простые графические (на сетке Вульфа) и инструментальные (на гониометре В. Н. Пашковского и А. В. Хабакова или по способу А. Р. Бурачека) способы пересчета замеров из дислоцированного на ненарушенное положение (рис. 66).

Пересчет замеров наклона косої слоистости из дислоцированного в первоначальное ненарушенное залегание, по А. Р. Бурачеку, может быть произведен прямо на выходе следующим образом.

Приготовив картонный кружок (*I, a*) с начерченными на нем поперечными линиями, пересекающимися под углом  $\delta$ , равным углу падения пласта, протыкают этот кружок карандашом; в конец карандаша втыкают булавку с другим кружком *b*, ориентированным точно в плоскости измеряемого наклона косої прослойки или наклона плоской стороны гальки. Затем надо повернуть карандаш так (*II*), чтобы первый кружок переместился на угол  $\delta$  в положение *a'*, соответствующее первичному наклону измеряемого объекта *b'* в ненарушенном залегании пласта. Затем, не меняя найденный поворот, измеряют первоначальный азимут и угол наклона объекта (по расположению кружка на булавке, в положении *b'*). Работа с таким приспособлением на пласте более удобна, если в ней участвуют двое. Можно приладить на кружке *a* дополнительный поворачивающийся сектор с линией поперечника, чтобы легко было изменять угол  $\delta$  при массовых измерениях.

Еще более удобен литологический компас А. И. Гусева со специальным приспособлением для замеров косої слоистости в дислоцированных пластах, дающий автоматически пересчет на первоначальное ненарушен-

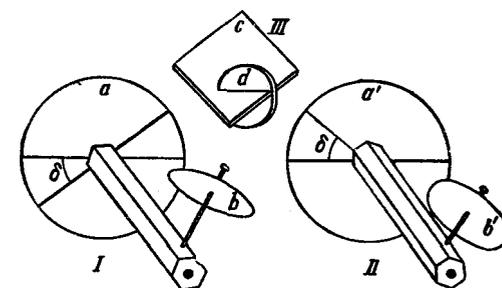


Рис. 66. Прибор Бурачека для определения первоначального наклона косої слоистости и галек в нарушенных пластах

*a*—диск в плоскости падения пласта; *b*—диск наклона гальки;  $\delta$ —угол падения пласта. *I*—диск в нарушенном положении; *II*—диск в первичном положении; *III*: *c*—пласт. *d*—плоскость гальки или косої прослойки

ное залегание слоистости. Приборы А. Р. Бурачека и А. И. Гусева избавляют литолога от последующих довольно громоздких графических пересчетов (приемы пересчетов изложены в статье Н. Б. Вассоевича в «Геологическом сборнике» ВНИГРИ, вып. 1, 1951 г.).

Различные приемы анализа ориентировки уже нашли применение в поисково-геолого-съемочных полевых исследованиях и были с успехом испробованы рядом авторов как при изучении четвертичных и третичных рыхлых ненарушенных отложений, так и при изучении древних сильно дислоцированных толщ (на Среднем и Южном Урале, в Западно-Сибирской низменности, в Тургайской впадине, на Кавказе и в других областях СССР).

**Полевая методика изучения ориентировки обломочных зерен, первичных включений и косо́й слоистости.** Методика заключается не только в регулярных серийных замерах ориентировки горным компасом и в отборе маркированных проб (о чем подробно было сказано выше), но и предусматривает также: 1) сбор ориентированных крупных образцов (с заметным субпараллельным расположением знаков ряби, борозд течения, скоплений растительных остатков, фузулиид, удлиненных раковин); 2) фотографирование и зарисовки упорядоченного расположения включений, косо́й слойков, ледниковых шрамов и пр. как в вертикальных разрезах, так и в плане напластования, с масштабом и азимутом; 3) составление диаграмм-роз ориентировки отдельно по каждому выходу и нанесение их на полевые геологические и палеогеографические карты с целью установления региональных и устойчивых во времени направлений прежних течений, потоков и пр.

Для более глубокого обоснования и для полного овладения методикой крайне полезно вести сравнительные наблюдения и замеры в ныне образующихся, современных отложениях (озерных, прибрежно-морских, речных, эоловых и ледниковых).

## АНАЛИЗ РИТМИЧНОСТИ СТРОЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

Некоторые толщи осадочных пород с первого взгляда кажутся однообразными, лишенными характерных горизонтов, по которым можно было бы узнавать и сопоставлять между собой различные части стратиграфического разреза. Таковы прежде всего угленосные отложения.

Практика, однако, показала, что и среди подобных толщ путем тщательного изучения последовательности напластования нередко удается обнаружить достаточное количество пластов или пачек пластов, ясно распознаваемых в полевых условиях по характерным для них особенностям — литологическим или палеонтологическим. Если подобные пласты или пачки пластов являются единственными и вовсе не повторяются в вертикальном разрезе изучаемой толщи, или если они повторяются, но в различных и в то же время определенных сочетаниях с другими породами, то они могут служить достаточно надежной опорой для детальной корреляции разрезов. Именно на этом принципе впервые была построена донецкими геологами во главе с Л. И. Лутугиным дробная (с точностью до отдельных пластов) стратиграфия Донецкого бассейна. Этот принцип фациально-литологической корреляции, оправданный прекрасными результатами съемки Донбасса и многих других районов, следует в первую очередь рекомендовать как надежное обоснование геолого-съемочных исследований, при условии, что фациально-литологическое изучение разреза сочетается с тщательным биостратиграфическим его изучением (сбором и определением органических остатков в пластах).

В некоторых случаях несомненную пользу в этом отношении может оказать изучение наблюдающейся в ряде осадочных отложений (напри-

мер, во флише) закономерной повторяемости сходных сочетаний слоев; в определенном порядке сменяющих друг друга в разрезе. Такое строение осадочных толщ называется ритмичным.

Наблюдаются самые различные по масштабу типы ритмичности: от очень мелкой повторяемости сходных прослоек в пластах до очень крупной — в мощных сложно ритмически построенных толщах, соответствующих геологическим ярусам и отделам.

При геологической съемке изучение ритмичности осадочных толщ может быть использовано: 1) для более точной и выразительной характеристики строения и состава осадочной толщи; 2) для наиболее дробного расчленения и сопоставления разрезов; 3) для установления фациальных и тектонических условий осадконакопления; 4) для определения абсолютного возраста и скорости накопления слоев (в сезонно-ритмических толщах).

Анализ ритмичности осадконакопления является в основном полевым методом исследования: главные выводы в этом направлении должны быть сделаны непосредственно у обнажений.

Прежде чем перейти к изложению методики полевых наблюдений и способов истолкования явлений ритмичного строения некоторых осадочных толщ, необходимо отметить, что этот практически и теоретически важный вопрос настолько нов, что до сих пор еще не разработано удовлетворительной и общепризнанной терминологии как в отношении различных по своему масштабу процессов ритмичного осадконакопления, так и в отношении осадков, возникших в результате этих процессов. Вошедший в литературу обычай одинаково называть ритмом и составные части ритмически построенных разрезов, и самый процесс ритмического осадконакопления, т. е. одинаковое наименование хода событий и его вещественных результатов, следует признать не вполне логичным. В геологической литературе ритмичность осадочных толщ широко известна также под именем «цикличности». Однако название «ритмичность» надо признать более научным, так как оно диалектически правильнее и точнее отображает сущность явления в самых различных его формах и размерах.

Ритмичность осадочных отложений по масштабу и по характеру можно разделить на следующие три основных типа: I — крупная ритмичность некоторых осадочных толщ, II — ритмичность флишевых отложений, III — мелкая ритмичность ленточных микрослоистых отложений.

I. Крупная ритмичность. Ритмичность этого типа, измеряемая в разрезе единицами, десятками или даже сотнями метров по мощности, наиболее широко распространена и наблюдается в осадочных толщах различного состава и фациального характера — в морских, лагунных, дельтовых и чисто континентальных отложениях.

Ритмичность наиболее отчетлива, когда в разрезе толщи наблюдается постоянная перемежаемость пород, резко различных по составу и фациальному характеру, например морских карбонатных и континентальных песчано-глинистых отложений.

Такого рода ритмичность характерна для ряда палеозойских угленосных толщ.

Разрез типичного ритма подобных угленосных отложений обычно включает в себе (снизу вверх):

1) континентальные отложения: а) песчаники с косо́й слоистостью текучих вод, б) алевролиты, в) глины с остатками корневых систем растений, г) уголь;

2) морские отложения: д) глины с морской фауной, е) известняки, ж) глины с морской фауной, выше иногда сменяющиеся песчано-алевролитовыми породами.

Переход между отдельными слоями внутри ритмов постепенный. Границы же между ритмами, как правило, резкие и нередко несут следы

длительных перерывов в накоплении осадков, сопровождавшихся размывами.

Образование каждого такого ритма, очевидно, было связано с опусканием области накопления осадков и с наступательным движением моря, которое, достигнув максимума (во время отложения пласта известняка), сменялось поднятием, отступанием моря и размывом ранее отложенных осадков. В связи с этим разрез каждого подобного ритма может быть вполне доказательно разделен на две части: нижнюю — трансгрессивную и верхнюю — регрессивную.

В разрезе осадочной, в частности угленосной, толщи могут насчитываться десятки или даже сотни подобных ритмов. Полного подобия ритмов никогда не наблюдается, каждый из них имеет свои индивидуальные особенности как в отношении состава, так и в отношении мощности отдельных слоев. Помимо того, очень часто наблюдается выпадение тех или иных слоев из разреза отдельных ритмов (упрощенные, недоразвитые ритмы) или же появление новых (усложненные ритмы).

В отложениях большой мощности (в геосинклинальных областях) ритмичность строения разрезов обычно характеризуется большим однообразием ритмов и постепенным изменением их в разрезе. Так, в Кузнецком бассейне отдельные угленосные свиты мощностью до 1000 м состоят из более или менее однотипных ритмов. Иногда в разрезе мощной осадочной толщи может быть выделено несколько типов ритмов, которые включают в себе все разновидности пород, слагающих данную толщу, и характеризуют все наблюдающиеся способы их чередования.

В противоположность этому, в маломощных отложениях (на платформах) ритмы имеют тенденцию к быстрому изменению своего состава и строения. Примером сложной и изменчивой ритмичности могут служить нижнекаменноугольные отложения Ленинградской области. В общем разрезе палеозоя Ленинградской области (рис. 67, А) эти отложения могут рассматриваться как один мощный ритм (первого порядка) осадконакопления. Но этот большой ритм разделяется на ряд более мелких ритмов второго порядка, которые, в свою очередь, также состоят из меньших простых ритмов третьего порядка (Б и В).

Отчетливость и характер ритмичности нередко испытывают значительные изменения не только в разрезе, но и на площади распространения осадочной толщи. Состав и строение ритмов меняются параллельно с фаціальными изменениями всей толщи в целом, что зависит в первую очередь от того, как расположен изучаемый разрез по отношению к области сноса. Так, в прибрежно-морских отложениях с приближением местоположения разреза к древней области суши наблюдается изменение строения ритмов в сторону все более частого выпадения морских слоев и усиления роли размывов. Ритмичность строения толщи при этом становится менее полной и отчетливой. В непосредственной близости к прежней области сноса ритмичность может быть сильно затухана усилением роли размывов или включениями единичных чисто местных комплексов отложений, связанных с перемещением речных русел, мимолетными изменениями климатического режима эпохи отложения, например ливнями, засухами.

В противоположном направлении фаціальной смены, т. е. вглубь бассейна, отчетливость ритмического строения в разрезах тоже уменьшается, что связано с последовательным выпадением из разреза границ размыва, прослоев континентальных и вообще обломочных осадков. В мощных толщах карбонатных пород отголоском ритмичности строения прибрежных зон накопления осадков может явиться наличие прослоев глин, мергелей или чередование слоев с остатками то более, то менее глубоководной фауны, с большим или меньшим содержанием нерастворимого остатка.

Пример изменения строения и состава ритмов разного порядка в горизонтальном направлении показан на рис. 68.

Ритмичность осадконакопления установлена также и для отложений чисто континентальных (внутриконтинентальных). Примером могут служить многие мезозойские угленосные толщи СССР (Бурей, Челябинска, Ферганы). Каждый ритм в них включает ряд пород от наиболее грубообломочных (конгломераты, брекчии) до тонкоотмученных глин и углей.

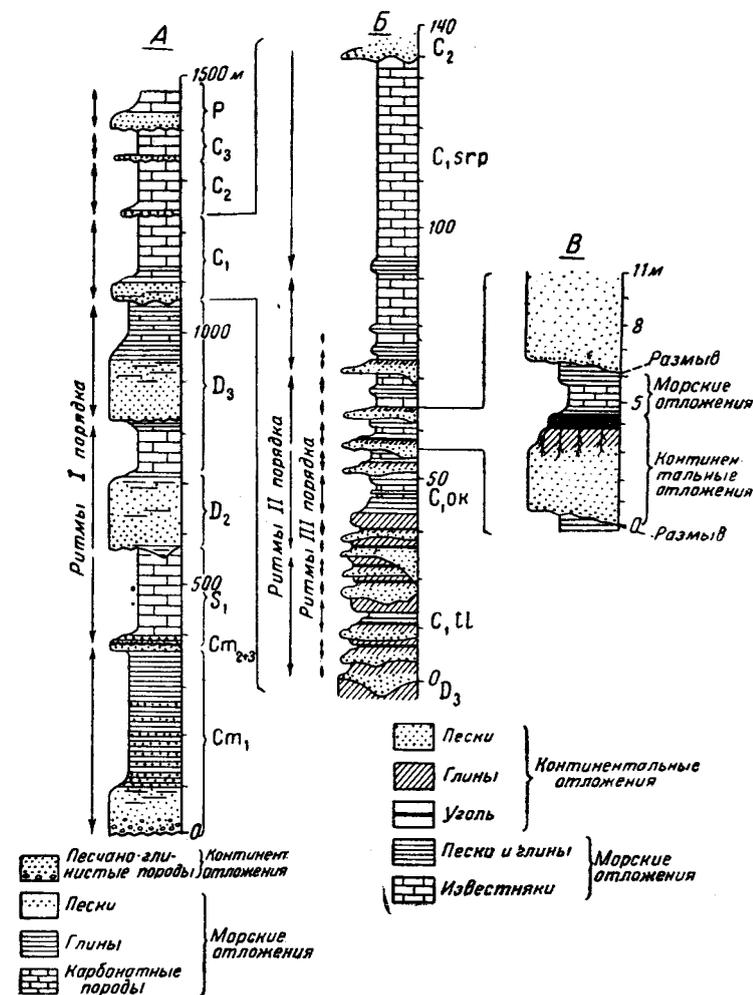


Рис. 61. Ритмическое строение разреза палеозоя Ленинградской области. По Е. П. Брунс  
А — ритмы первого порядка; Б — ритмы второго и третьего порядков; В — разрез одного ритма третьего порядка

При проведении геологической съемки, особенно в масштабе 1 : 50 000, анализ крупной ритмичности строения осадочных толщ может иметь широкое применение. Прежде всего он может помочь геологу дать краткую и четкую характеристику строения многих на первый взгляд сложно и непонятно построенных чередований пластов.

При изучении мощных отложений с более или менее однотипным строением ритмов подобное описание типичных ритмов (наиболее характерных из них) дает возможность кратко и одновременно содержательно охарактеризовать все существенные особенности состава и строения толщи.

Многokrатно и закономерно повторяющийся порядок напластования пород в ритмах является в ряде случаев хорошим подспорьем при разрешении вопросов об условиях образования и фациальном характере

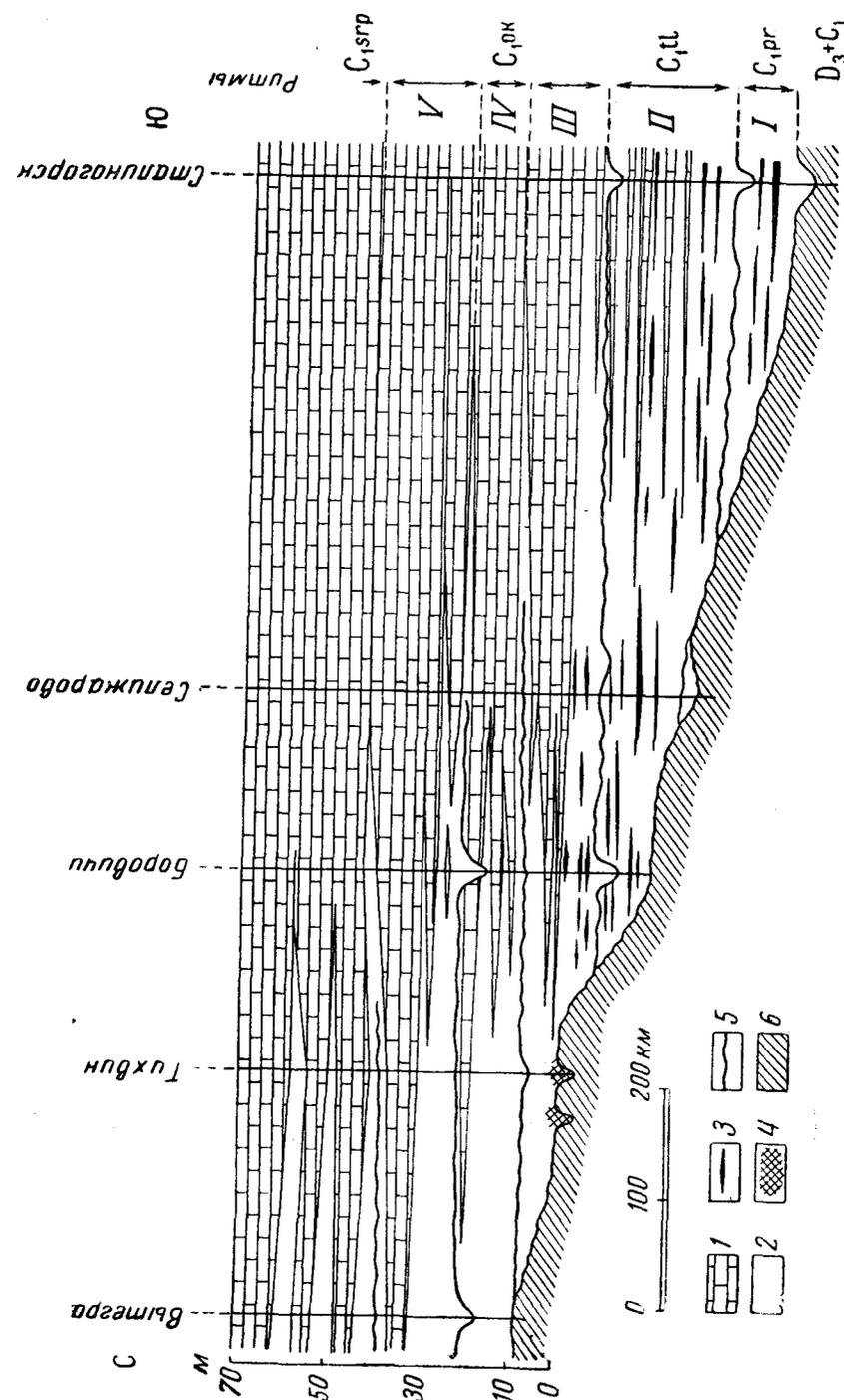


Рис. 68. Схема измененный строения и состава главных частей разрезов карбона нижнего карбона Подмосковского бассейна. I, II, III, IV, V — ритмы первого порядка. По Е. П. Брунс

1 — известняковые толщи; 2 — песчано-глинистые толщи; 3 — пласты углей; 4 — бокситы; 5 — главные горизонты размыва; 6 — подстилающие толщи

Та или иная порода или слой, взятые в отдельности, часто не дают сколько-нибудь надежных оснований для суждения об условиях их образования, сравнительное же изучение закономерностей литологического изменения пород в разрезе нередко дает возможность: 1) судить об общем направлении изменения условий осадконакопления (обмеление, уменьшение живой силы текучих вод и т. д.) и 2) гораздо ближе подойти к пониманию фациальных особенностей каждого отдельного пласта (слоя). Наиболее четкие результаты при этом получаются, когда в разрезе изучаемого ритма содержится хотя бы один пласт с бесспорными и ярко выраженными генетическими признаками, который может служить отправной точкой для дальнейших предположений и их сравнительной проверки.

Из сказанного ясно, что изучение ритмичности строения осадочных толщ нуждается в особо тщательном литологическом, палеонтологическом и палеоэкологическом послойном изучении разрезов.

Сходный характер строения и состава детально изучаемых ритмов позволяет считать, что и условия их образования были весьма близкими. Если условия образования типического ритма в разрезах выяснены с достаточной полнотой (т. е. достаточно обоснованы палеонтологически и литологически), тем самым уже освещены фациальные особенности и условия формирования всей той части разреза, для которой данный тип ритмов является характерным.

Это значительно облегчает задачу полевого исследования в части фациального анализа, так как после обычного пластового описания можно уже сосредоточить внимание и произвести более детальные и всесторонние наблюдения в местах, раскрывающих историю образования всего разреза осадочной толщи.

Ритмичность осадконакопления может значительно облегчить задачу детального стратиграфического расчленения некоторых осадочных толщ и увязку отдельных разрезов, особенно в отложениях немых или бедных органическими остатками. Причины, вызывающие ритмичность, в ряде случаев имеют региональный характер, на чем и основано стратиграфическое сопоставление осадочных толщ по ритмам.

Задача облегчается, если, как уже говорилось, в сопоставляемых разрезах встречаются хотя бы единичные пласты или группы пластов, палеонтологически хорошо охарактеризованные и бесспорно сопоставимые между собой по фауне или по каким-либо другим признакам (например, по шлиховым компонентам). При корреляции разрезов такие опорные ритмы становятся основой в отношении возможного сравнения других «немых» ритмов той же толщи. Необходимым условием для использования ритмичности осадочных толщ в стратиграфических целях является полный анализ ритмичности во всех изученных разрезах с выделением по единому принципу ритмов разных порядков. Необходимой предпосылкой является также выяснение общих закономерностей изменения строения толщи на площади (например, направления выклинивания наиболее грубообломочных пород, общего уменьшения крупности обломочного материала, изменения мощности толщи).

Вместе с тем надо признать совершенно необоснованным и недопустимым «сопоставление» далеко отстоящих друг от друга разрезов посредством механического отсчета снизу вверх по литологическим колонкам отдельных ритмов, как это иногда еще практикуется.

Ритмичность строения осадочных толщ, проявляющаяся в крупном масштабе, является прежде всего отражением режима тектонических движений. В связи с этим анализ ритмичности является одним из методов восстановления тектонической истории района. Надежные результаты могут быть получены при соблюдении следующих условий: надо всесторонне (в отношении вещественного состава, возраста, порядка напластования и характера органических остатков) изучить и сравнить

отдельных разновидностей пород, а это очень важно для понимания генезиса пластовых залежей полезных ископаемых (угли, огнеупорные глины, бокситы и т. д.), а также и для палеогеографических построений.

ритмичность по крайней мере в нескольких разрезах, характеризующих всю площадь района исследований; надо тщательно выяснить условия отложения толщи путем фациального анализа отдельных ритмов в ее разрезе. Следует не упускать из вида, что в ритмичности строения осадочных толщ могут отражаться движения земной коры, происшедшие не только в области накопления осадков, но и в области сноса, далеко за пределами района исследования, а также и другие существенные перемены в условиях развития, например климатические.

Полевая методика и степень детальности наблюдений при анализе ритмичности могут быть различными в зависимости от мощности изучаемых толщ, мощности и однообразия строения отдельных составляющих ритмов, равно как и от условий обнаженности.

1. Для отложений относительно небольшой мощности (измеряемой десятками или немногими сотнями метров), состоящих из небольшого числа (десятки) ритмов, отличающихся быстрой изменчивостью своего строения в разрезе, анализ ритмичности должен предусматривать:

- 1) тщательное и всестороннее фациально-литологическое послойное изучение и описание разрезов (включая сборы органических остатков);
- 2) расчленение разрезов данной толщи на элементарные ритмы;
- 3) определение закономерностей изменения существенных литологических признаков в каждом ритме;
- 4) выяснение общего хода изменения состава и мощности ритмов снизу вверх по разрезу толщи (с выделением ритмов различного типа и порядка);

5) прослеживание ритмов по площади от разреза к разрезу, так как это решает вопрос о практическом значении применения данного метода при поисках и картировании.

При этом необходимо учитывать, происходят ли изменения строения ритмов резко или постепенно и каков характер перехода одного типа ритмов в другой: происходит ли такой переход путем постепенного изменения литологических особенностей пород всех слоев (звеньев) ритма или путем изменения какого-либо одного из них, путем выпадения отдельных слоев или появления новых. Так, в отложениях, связанных с наступанием моря, изменение ритмов снизу вверх по разрезу может происходить путем: появления среди континентальных отложений морских слоев, увеличения мощности последних, изменения состава их фауны, выпадения из состава ритмов наиболее грубообломочных пород и связанных с ними резких границ размыва в основании ритмов и, наконец, выпадения всей серии континентальных осадков.

2. В отложениях большой мощности с достаточно выдержанным строением ритмов, например во флише, часто нет необходимости проводить полный комплекс литологического изучения всех ритмов, наблюдаемых в разрезе. В данном случае на первое место выдвигается вопрос о правильном расчленении разрезов на отдельные свиты или подсвиты, характеризующиеся ритмами, сходными по масштабу и строению. Для каждой такой части разреза совершенно достаточно провести детальное, всестороннее изучение нескольких смежных ритмов.

При детальном изучении типичных ритмов должны быть определены: 1) мощность всего ритма; 2) последовательность чередования пород в ритме; 3) мощность отдельных звеньев ритма; 4) характер границ между ритмами, наличие признаков размыва; 5) литологические особенности пород ритма; 6) характер контактов между слоями, способ и быстрота перехода одного слоя в другой; 7) характер и последовательность изменения отдельных литологических признаков снизу вверх по разрезу ритма; 8) степень симметричности строения ритмов; 9) наличие органических остатков, их состав, фациальный характер, особенности захоронения, изменения в количестве и составе по разрезу ритма.

Для наглядного графического изображения крупной ритмичности строения осадочных толщ можно рекомендовать составление так называемых рельефных колонок (рис. 67, В). По оси абсцисс в условном масштабе отмечаются породы в той природной последовательности, какая наблюдалась в разрезе (снизу вверх) наиболее типичных ритмов. Для песчано-глинистых толщ по абсциссе слева направо отмечаются породы по убывающей крупности зерна (от конгломератов до глин).

Наряду с составлением рельефных колонок, полезно (по А. В. Хабанову) составлять диаграммы фациально-литологической изменчивости разреза — по мощности и по чередованию состава слоев (многокомпонентные геохронограммы), где по абсциссе откладывается порядок пластов (на равных интервалах, согласно порядковым номерам снизу вверх), а по ординатам — мощность каждого данного пласта вверх или вниз от условного прибрежного типа отложений (например, угля), соответственно с уровнем — ступенью фациального положения данной разновидности породы (согласно природной последовательности залегания в ритмах разреза). При наличии всего двух разновидностей пород (например, в ледниковых ленточных глинах) такие многокомпонентные диаграммы превращаются в обычную двухкомпонентную геохронограмму.

II. Ритмичность флиша. Флишевые толщи представляют собой большей частью мощные, преимущественно морские, песчано-глинистые отложения, образующиеся в геосинклиналях в определенный период их развития и отличающиеся четкой ритмичностью наслоения большого числа разновидностей пород.

Характерными особенностями ритмичности флишевых толщ являются: 1) небольшая мощность ритмов, измеряемая сантиметрами и дециметрами; 2) постоянное присутствие трех, четырех или пяти разновидностей пород, составляющих ритмы; 3) большое постоянство строения, состава и мощности ритмов в пределах отдельных частей флишевых толщ, измеряемых иногда сотнями метров.

Каждый типичный ритм во флише разделяется по меньшей мере на три части (элементы ритма): нижнюю, состоящую из более крупнозернистого осадка (песчаника, алевролита или обломочного известняка), среднюю — карбонатную (мергели) и верхнюю — тонкоилстую. Каждый ритм отделен резкими границами со следами размыва, переходы же между элементами одного ритма постепенны.

Бедность флишевых толщ определяемыми органическими остатками, естественно, выдвигает на первый план литологические наблюдения, в частности анализ ритмичности наслоения.

Анализ ритмичности во флише может найти применение для расчленения флишевой толщи на свиты и подсвиты, для сопоставления отдельных разрезов и для точной послойной увязки отдельных свит, а также для исчерпывающей характеристики строения и состава флишевой толщи в целом, что до исследований Н. Б. Вассоевича и других советских литологов считалось почти недостижимой задачей.

Особенности ритмичности отложений, подобных флишу, могут быть отображены путем составления специальных графиков — ритмограмм (рис. 69), составляемых следующим образом: на прямой линии через небольшие равные интервалы восставляются перпендикуляры и на них откладываются в определенном масштабе (1:1 до 1:10) мощности отдельных слоев ритма (начиная с первого). Вершины соответствующих отрезков соединяются прямыми линиями. В итоге получается диаграмма последовательности чередования слоев отдельных ритмов, их мощности и мощности целых ритмов. Для наглядности оттеняется внутренняя часть графика, отвечающего графику изменчивости первого слоя ритма.

Составленные таким образом диаграммы могут быть использованы для увязки отдельных разрезов, поскольку изменения мощностей от-

дельных ритмов происходят более или менее пропорционально во всех данных разрезах (рис. 69, в).

III. Ритмичность микрослоистых и ленточных отложений<sup>1</sup>. Очень тонкое, иногда измеряемое миллиметрами по мощности ритмическое строение ярко выражено и раньше всего было изучено в так называемых ленточных глинах озерно-ледникового происхождения, далее в некоторых гипсоносных и соляных породах (чередование слоев гипса, солей и глин, каменной соли и сильвина и т. д.), а также в озер-

ных и лагунных органических глинисто-известковистых и кремнистых осадках.

Собственно ленточная (двухраздельная) слоистость, в отличие от других видов правильной тонкой слоистости, характеризуется устойчивым чередованием двух литологических разновидностей осадка, связанных между собой постепенным переходом и составляющих ленту из нижнего более песчаного элемента и верхнего более тонкоилитского. Каждая лента в основании отделена более резко границей или разрывом от соседних парных прослоев.

Доказано, что подобная попарная ритмичность наслаения в ленточно-слоистых толщах различного происхождения обусловлена главным образом значительными сезонными колебаниями температу-

ры, влиявшими на режим седиментации, например сменой весеннего бурного взмучивания и зимнего подледного оттаивания на дне приледниковых озер, сменой периодов разливов и засух в озерах засушливых областей и пр.

Кроме главенствующего влияния резкой смены сезонов, возникновение ленточной слоистости в отложениях обуславливается ритмическим ходом самих физико-химических процессов отстоя и осаждения густых взвесей смешанного коллоидно-алевритового или кристаллитно-коллоидного состава.

Ленточная ритмичность в осадках характеризуется следующими особенностями: малой толщиной ритмов, измеряемой миллиметрами и сантиметрами, реже дециметрами, правильным попарным чередованием ритмов (из двух несколько отличающихся по своему составу слоев, составляющих ленту), значительной протяженностью и устойчивостью отдельных ритмов, несмотря на изменчивость их мощности и состава. Сезонная ритмичность наиболее полно изучена в ленточных глинах и супесях озерно-ледникового происхождения, где главным образом и разрабатывалась методика их полевого изучения.

Толщи ленточных глин и супесей озерно-ледникового происхождения отличаются четким попарным чередованием более светлых песчано-алеврито-глинистых (летних) и более темных тонкослоистых (зимних) слоев. Граница между ритмами (лентами) довольно резкая, зато переход от нижнего песчанистого к верхнему глинистому и нередко более железистому прослою в ленточных глинах постепенен. Как зимний, так и летний слой в ленте могут иметь, в свою очередь, еще более тонкую микрослоистость, обусловленную изменениями в таянии снегов и льда днем и ночью.

Весьма интересный и важный, хотя и наиболее трудный, объект исследования представляет микрослоистость органических кремнистых, карбонатных и битуминозно-глинистых толщ (диатомитов, трепелов, яшм, рифовых известняков, горючих сланцев). Немногие классические исследования, осуществленные М. Д. Залесским, Б. В. Перфильевым и другими авторами в области изучения подобных микрослоистых толщ, убеждают нас в том, что микрослоистость развивается, как правило, в относительно спокойной обстановке отложения и обусловлена сезонными или еще более кратковременными ритмическими колебаниями размножения, роста и отмирания организмов в связи с колебаниями температуры, солевого и газового состава, кислотности, солености и мутности водной среды.

Полевая методика и техника изучения ритмичности строения осадочных толщ. Полевая методика бывает различной в зависимости от масштаба и типа напластования.

Для примера опишем приемы и правила специализированных полевых наблюдений при изучении самых простых (ленточные глины) и самых сложных (флиш, микрослоистые толщи) типов ритмического строения осадочных толщ.

Полевое изучение ленточных отложений в основном сводится к систематическим послойным замерам мощностей лент (с выделением весенне-летнего и зимнего прослоев) и к изучению условий залегания, распространения, состава и литологических особенностей чередующихся слоев и всей ленточно-слоистой толщи в целом. Замеры мощностей лент удобнее всего производить с помощью натянутой поперек к слоистости бумажной ленты, на которой шаг за шагом по разрезу, возможно более тщательным образом, намечают границы лент и их парных элементов. Стенка изучаемого разреза ленточных глин и супесей должна быть предварительно гладко и ровно зачищена при помощи столового ножа или садовой лопатки.

Систематические промеры разрезов ленточных глин, фиксированные на упомянутых бумажных рулонах (с отметками границ лент), вычерчиваются затем в виде послойных геохронограмм (где по абсциссе отложены порядковые номера лент, а на ординате — мощность зимнего и летнего прослоев каждой ленты).

Сопоставление соседних геохронограмм, проводимое совместно с изучением полевых описаний сравниваемых выходов, позволит выявить опорные ритмы — отдельные необычные ленты, заметно отличающиеся по свойствам и по относительной мощности (выделяющиеся на геохронограммах сравниваемых разрезов в виде сопоставимых пиков коннекции). В результате такой коннекции разрезов ленточных глин выявляют направление факультальной изменчивости состава и мощностей лент, направление выпадения самых нижних пачек лент из общего разреза и появление более молодых пачек ленточных глин. Затем на детальной карте области распространения ленточных глин намечают изолинии, отвечающие местам появления в разрезе или выпадения из него характерных лент, а также изолинии определенного числа сопоставленных лент (т. е. лет, поскольку каждая лента соответствует годичному прослою).

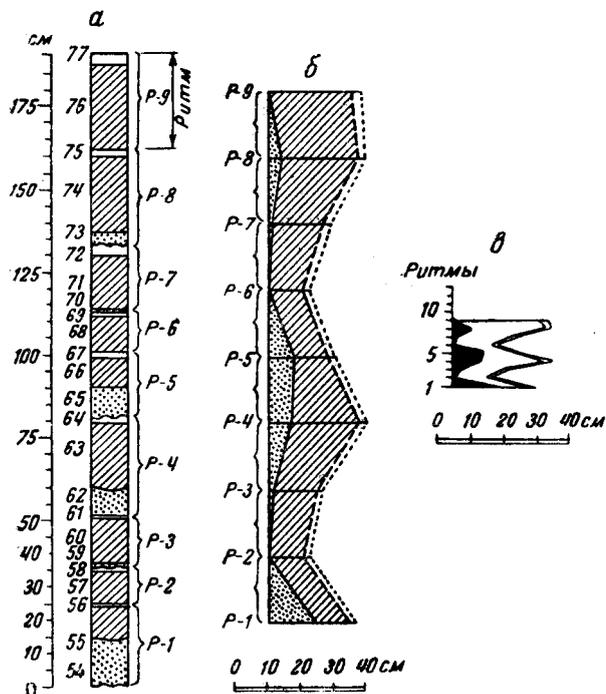


Рис. 69. Способ построения ритмограмм для разрезов флишевых толщ и ленточно-слоистых отложений. По Н. Б. Вассоевичу

а — колонка ритмической последовательности осадков в разрезе флишевой толщи; б — диаграмма мощностей и состава этого же разреза (ритмограмма); в — та же диаграмма в окончательном виде

<sup>1</sup> Данный раздел составлен редактором (А. Х.).

При полевом изучении прежде всего важно выяснить взаимосвязь характера и распространения ленточных глин с условиями древнего рельефа, причем уделяется особое внимание поискам органических остатков, наличию или отсутствию некоторых организмов в определенных частях лент или в определенных горизонтах толщи, описываются и фотографировываются характерные пачки, подробно изучаются и зарисовываются места сингенетических смятий и раздробления лент (под валунами и другими включениями), изучаются горизонты перерывов, ожелезнения и пр.

Из основных изученных разрезов ленточных глин и из типичных пачек вырезаются колонки-монолиты, отбираются образцы для химических, гранулометрических анализов, для изучения состава глин, для определения растительной пыльцы, диатомей, остатков насекомых и др.

Ленточно-слоистые пачки глинистых сланцев и алевролитов, сходные с озерно-ледниковыми ленточными глинами, обнаружены среди древних плотно сцементированных и метаморфизованных, подчас сильно смятых толщ палеозоя и докембрия (например, на Урале, Кольском полуострове, в Забайкалье и Восточной Сибири).

Детальное изучение ритмичности древних ленточно-слоистых толщ может иметь большое научно-методическое значение. Основным направлением полевого исследования, ввиду большой плотности и метаморфизованности пород, в этих случаях является комплексное литолого-фашиальное изучение взаимосвязи ленточных пачек и смежных с ними толщ разреза по возрасту, составу и условиям залегания. Необходимо собрать исчерпывающую серийную коллекцию ориентированных в коренном залегании штучных образцов ленточно-слоистых древних пород, возможно тщательнее привязанных к стратиграфическим разрезам. По пришлифовкам и шлифам, сделанным из серии ориентированных образцов, нередко удается произвести послойное изучение и замеры групп лент. В таком случае можно составить геохронограммы типичных ритмов и сравнить древние ленточные отложения с наиболее сходными новейшими типами отложений, что позволит сделать выводы относительно климатических условий отдаленного геологического прошлого.

Полевая методика изучения ритмичности строения флишевых толщ, по Н. Б. Вассоевичу (1948), предусматривает:

1. Установление типичного порядка и состава разновидностей слоев, образующих ритм («флишевый набор»), и определение масштаба или ранга подобных типичных разновидностей, пород в ритмах.

2. Всестороннее литолого-петрографическое и послойное палеонтологическое описание флишевой толщи и определение соответствующих различий постоянных составных частей ритмов, на основании тщательных послойных описаний разрезов, сопровождаемых детальными зарисовками, фотоснимками и коллектированием ориентированных образцов пород, органических остатков, типов слоистости, гиероглифов.

3. Дальнейшее углубленное изучение состава и происхождения флишевых отложений с применением количественно-статистического и сравнительного графического анализа строения исследованных разрезов.

Определяется: 1) относительная роль различных разновидностей пород, составляющих флишевый набор или комплект элементов ритмов в данной свите; 2) средние наибольшие и минимальные мощности каждого из постоянных частей ритмов; 3) частоты слоев постоянных элементов ритмов. Затем составляются флишевые ритмограммы и проводится графическая послойная коннекция разрезов (о чем говорилось выше). В итоге точно устанавливаются общие направления и закономерности фашиальной изменчивости состава, мощности и литологических особенностей изученной флишевой свиты.

Полевые приемы изучения ритмичности строения древних микрослоистых отложений (горючих сланцев, диатомитов, яшм, рифо-

вых известняков) зависят от степени сцементированности пород. Если изучаемая микрослоистая толща сложена довольно рыхлыми или пластичными породами, собирают серию колонок-монолитов, возможно полнее представляющих типичные разрезы толщи, а затем с помощью лупы или микроскопа производят послойное детальное изучение и измерение сравнимых групп микроритмов в монолитных срезах (в больших шлифах и пришлифовках, поперек к слоистости; некоторые битуминозно-глинистые сланцы поддаются микротомному срезыванию; рыхлые рассыпчатые диатомиты требуют предварительного пропитывания в канадском бальзаме или в пластмассах).

При изучении микрослоистости очень плотных пород (кремнистых сланцев, яшм, рифовых известняков) приходится ограничиваться сбором серий образцов, точно привязанных к разрезу, с последующим измерением и сравнением на пришлифовках в шлифах. При изучении органических пород важно не упустить возможность сравнительного изучения ритмов роста колоний прикрепленных организмов во взаимной связи с особенностями слоистости окружающего осадка.

Изучая богатые органическими остатками микрослоистые породы, необходимо провести тщательное палеонтологическое и палеоэкологическое исследование с целью выявить различия микроритмов по составу, относительному обилию и сохранности органических остатков. Палеобиологические исследования такого рода, проведенные над нижневожжскими горючими сланцами Поволжья и над третичными диатомитами Закавказья, дали возможность различать сезонные (зимние и летние) микрослойки, т. е. обосновали возможность абсолютной геохронологии древних иловых отложений.

## ИЗМЕРЕНИЕ И АНАЛИЗ МОЩНОСТЕЙ ОТЛОЖЕНИЙ

На оценках мощности отложений основаны все дальнейшие геологические построения (колонки, разрезы, карты), горно-разведочные и горно-эксплуатационные расчеты, а также некоторые важные теоретические обобщения. Поэтому геолог-съемщик должен приложить старания к тому, чтобы каждое измерение мощности было обоснованным, надежным и чтобы общие оценки мощностей делались тщательно, с учетом возможных ошибок.

В отчете по геологической съемке любого масштаба оценка мощностей должна даваться с указанием фактических обоснований и способов расчета. Обоснование подсчетов мощностей тем более необходимо, чем сложнее условия залегания, особенно в областях развития пластичных, сильно дислоцированных и метаморфизованных свит.

Пласты и толщи иногда сильно изменчивы по мощности и даже выклиниваются, а поэтому нередко необходимо указывать наибольшую и среднюю (обычную), а при утонении (неполном выклинивании) их наименьшую мощность.

Обычно достаточно указать мощность с точностью до 10% измеренной цифры: так, пласты мощностью в десятки сантиметров целесообразно оценивать с точностью до сантиметра, пласты от 1 до 10 м — до дециметра, пласты в десятки метров — с точностью до метра, толщи в сотни метров — с точностью до 10 м.

Измерение мощности пластов полезных ископаемых делается с точностью 1—5%.

Наиболее тщательные послойные замеры мощностей необходимы при изучении керна буровых скважин, при измерениях глубины залегания пластов полезных ископаемых.

Когда от измерений требуется повышенная точность, не следует получать общую мощность толщи одним только суммированием замеров отдельных пластов и прослоев. Наряду с таким суммированием желатель-

но определить мощность по интервалам или по общей длине обнажения, измеренной рулеткой с введением необходимых поправок (на угол наклона пластов, на угол искривления скважины и на измерение не вкрест простирания).

Главным источником недоразумений и ошибок в оценках мощностей отложений обычно является отнюдь не упрощенность самой процедуры или орудий измерения, а недостаточное знание условий залегания или же слабый учет остальных природных обстоятельств (первичного наклонного напластования отложений, первичного выклинивания или раздува пластов, формы и степени сжатия складок, выжимания или пloyчатости пластов), искажающих результаты замеров.

В складчатых областях замеры мощностей даже во вполне обнаженных местах осложняются, если приходится иметь дело с такими складками, где седла очень утолщены, а середины крыльев, напротив, выжаты, или если речь идет о чередованиях очень пластичных и жестких пород, где даже при слабой деформации неизбежно возникают пloyчатость и раздавливание с послойным выжиманием пластичных пород и растягиванием с разрывами более твердых пачек и прослоев.

Приближенное значение мощности пластов во вздутых или выжатых складках, отличающихся непараллельным залеганием, с сильным расхождением углов падения в замках и на крыльях, мы получим, если построим ряд геологических профилей через такую складку, выберем типичное наименее выжатое сечение и разделим площадь поперечного сечения каждой данной толщи в разрезе складки на среднюю длину взятого отрезка сечения (по границам наложения из подошвы и кровли толщи). При любой непараллельной форме складок (с убыванием толщины выжатых пластов в седле складки или, наоборот, с их раздувом и пр.) вычерчивание типичных сечений через складку, как показал В. К. Ливанов (1935), необходимо для обоснованного расчета первоначальной мощности.

Во всяком случае, при оценках истинных мощностей толщ в сложно-складчатых областях необходимо учитывать рассмотренные выше обстоятельства, их не следует обходить молчанием и нельзя ограничиваться голыми утверждениями, хотя бы и облеченными в цифры. Описано немало примеров, когда даже в хорошо изученных складчатых областях мощность пластичных глинисто-сланцевых толщ сильно смятых комплексов завышалась в десятки раз против действительной (сланцы свиты мойн Шотландского нагорья, филлитовая толща Урала и др.).

При структурно-палеогеографических обобщениях, выводимых из сравнения мощностей, не следует упускать из вида различные, порой очень значительные, первичные и вторичные изменения первоначальной мощности толщ.

Объем (толщина) осадочных пластов и свит со временем сильно изменяется, сначала под влиянием нагрузки вышележащих отложений, позже под влиянием метаморфизма и складчатости. В различных фациальных условиях и в зависимости от состава осадка и степени уплотнения пород изменение мощности (сравнительно с первоначальной толщиной осадка) бывает различно.

Свежесаждаемые глинистые и карбонатные илы на морском дне нередко заключают в себе до 40—70% воды. Потеря влаги под влиянием старения илов и нагрузки наслаивающихся сверху пластов приводит к очень значительному уменьшению их первоначальной мощности. Подобные превращения объема иловых отложений происходят не только при быстром, но и при медленном опускании, а также и в условиях поднятий, т. е. как в геосинклинальных, так и в платформенных областях.

Наряду с этим образуются и такие донные отложения, которые почти не испытывают сколько-нибудь существенных превращений объема (толщины, мощности) ни в процессе окаменения, ни при дальнейшем смя-

тии и метаморфизме. К числу мало меняющихся в объеме осадков относятся отложения, быстро отвердевающие или образующиеся сразу в массивном каменном виде (рифовые известняки, некоторые карбонатно-кремнистые, пирокластические и фосфатные породы). Очень мало изменяют объем обломочные отложения, содержащие незначительную примесь иловатых частиц (отсортированные галечники, пески и алевроиты).

Ясно, что упомянутые различия отложений в отношении изменчивости их объема необходимо иметь в виду во избежание грубейших заблуждений при палеогеографических заключениях, делаемых на основе сравнения мощностей (например, при сопоставлении рифовых массивов, туфолововых толщ и эквивалентных им пачек глин и глинистых мергелей).

Основание для расчета величины первичных превращений объема отложений могут дать наблюдения над особенностями слоистости и залегания раковин, растительных остатков, конкреций, стилолитов и пр. в тонкозернистых породах; значительные первичные и диагенетические превращения объема илов, происходившие до окаменения, обуславливают характерное раздавливание, сплющивание, разламывание и перемещение частей включений.

Вторичные изменения объема и перемещения пластичных масс отложений тоже могут дать повод к серьезным ошибкам в оценке мощностей даже при общем почти ненарушенном залегании. Осторожность особенно нужна при определении мощностей высокопластичных соляных и глинистых толщ.

Под влиянием большой нагрузки вышележащих свит и вследствие напряжений, возникающих при прогибании, соляные и глинистые толщ способны выжиматься, течь и прорывать окружающие пласты (соляные и глиняные «интрузивные штоки» и «лакколиты»). Объем, а следовательно и мощность ангидритовых пластов при перекристаллизации и превращении в гипс и при обратном процессе может меняться на 40%, при превращении арагонита в кальцит — на 9%.

В предгорных и дельтовых условиях, среди конусов выноса и местами на склонах рифовых построек, мощные осадки отлагаются с заметным первично-наклонным расположением слоев. Легко впасть в сильное преувеличение мощности таких толщ, если, как обычно, измерять мощность каждой пачки в отдельности поперек к плоскостям наложения, а затем просуммировать все подобные измерения, сделанные не в одном месте. В таких случаях, несмотря на послойные тщательные замеры, даже в хорошо обнаженных разрезах можно ошибиться на сотни и тысячи метров, что показывает, например, история оценки мощностей очень тщательно изученного разреза пермских мергелей, песчаников и конгломератов на р. Нугуш (западный склон Южного Урала). Послойные замеры разреза косо напластованных толщ на р. Нугуш дают 7,5 км общей мощности, тогда как по совокупности всех остальных данных и по данным проверки геофизическими методами глубин подстилающих отложений мощность определяется всего в 1,2—1,7 км.

Замеры мощностей каждой свиты, яруса, отдела или даже системы, произведенные по данным естественных разрезов и глубоких буровых скважин или полученные путем геофизических исследований в виде цифр, полезно нанести в соответствующих местах на карту-схему. Если масштаб схемы позволяет нанести значительное число пунктов с замерами мощностей, можно наметить картину расположения участков меньших и больших мощностей, проведя на площади распространения данной свиты (рис. 70) предположительные линии равных мощностей — изопахиты (через интервалы в десятки или сотни метров).

Карта с изопахитами дает возможность сделать важные заключения о фациально-тектонических условиях образования и о первоначальном распространении данной толщи. По ходу изопахит, например, возможно

отличить группы выходов, являющихся разрозненными остатками прежде сплошного поля распространения толщи, от действительно разделенных небольших бассейнов накопления осадков. По карте изопахит можно наметить области наибольших опусканий и главных поднятий во время образования данного комплекса отложений. Сравнение серии карт с изопахитами, составленных последовательно для каждого яруса (или свиты) обширной области, дает наглядную картину главных исторических изменений тектонического режима и общих условий осадконакопления.

Наилучшие результаты получаются, если обобщающий сравнительный анализ мощностей толщ делается самими авторами геологических съемок, хорошо знающими местность и недочеты собственных данных. При составлении карт распределения мощностей по чужим материалам требуется особая осмотрительность. Может случиться, что вместо действительной общей мощности на карте указана мощность лишь уцелевшей от позднейшего размыва части толщи, а это совершенно исказит карты изопахит и все дальнейшие палеогеографические заключения.

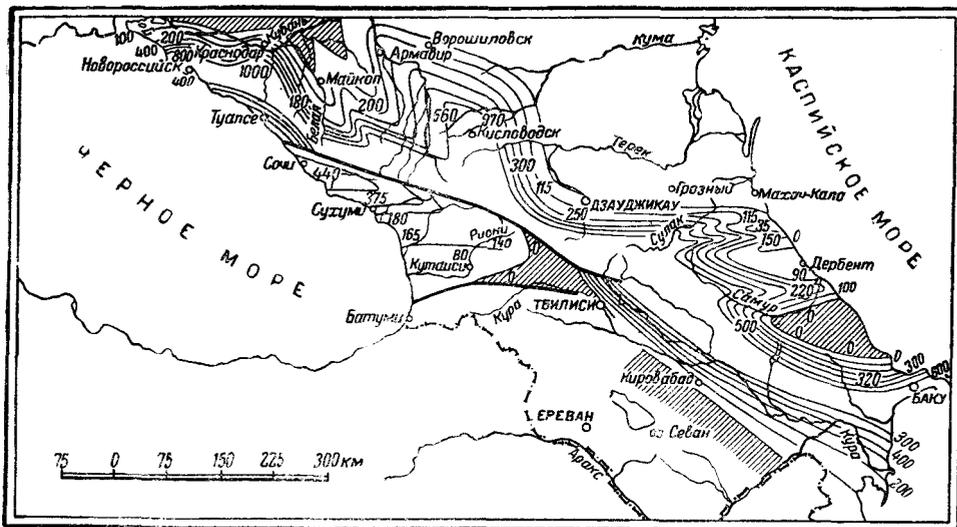


Рис. 70. Пример карты распределения мощностей (мощности отложений палеоцена и эоцена Кавказа). По В. В. Белоусову

Изопахиты проведены через 100 м (до 600 м). Косой штриховкой обозначены области размыва палеоценового и эоценового возраста (отсутствие отложений), жирными линиями — ненормальные ступки мощностей (по крупным надвигам). Цифрами обозначены мощности в месте их фактического подсчета

Надо принять за правило сравнивать мощности отложений лишь одного и того же точно доказанного возраста.

От порядка величин мощностей и степени постоянства мощности анализируемых отложений зависят густота пунктов с замерами мощностей и масштаб карты-схемы изопахит. Чем более изменчива толща, к тому же незначительная по мощности, тем больше требуется пунктов замеров на площади.

Очень ценный материал для палеогеографического анализа мощностей можно извлечь из материалов детальных разведок пластовых месторождений полезных ископаемых. Так, разведка ряда пластовых залежей марганцевых руд в дислоцированных девонских яшмах и туффитах на восточном склоне Урала обнаружила следующую интересную особенность осадкообразования: крупные марганцеворудные залежи, образовавшиеся одновременно с вмещающей толщей, тянутся по простиранию складок нередко на сотни метров, но зато вкост простирания быстро выклиниваются. Иначе говоря, распределение девонских осадков, заклю-

чающих в себе рудные пласты, в данном случае согласуется с направлением складчатых деформаций, очевидно, проявившихся уже в то время.

Наряду с картами изопахит и другими схемами пространственного распределения мощностей полезно составлять сравнительные графики хода накопления осадочных толщ во времени в изучаемой области и в каждой ее структурно-фациальной зоне. По абсциссе на таких графиках последовательно откладывают абсолютную длительность геологических периодов и отделов (в млн. лет), а по ординате — нарастающую кривую мощности осадконакопления систем и толщ соответствующего возраста, с пометками их фациальной природы и различий.

На основе сравнения мощностей последовательно накопившихся осадков (толщ) можно приближенно судить о неравномерности хода погружения и о масштабе опусканий, происходивших в изучаемой области во время осадконакопления.

Намечающиеся участки (времена) отсутствия отложений (зоны нулевой мощности) указывают на прежние размывы и поднятия, которые, возможно, были сопряжены или чередовались с опусканиями.

Приводим справочную таблицу новейших оценок длительности (в млн. лет) и мощности отложений (в тыс. м), необходимую для построения шкалы абсолютного возраста при составлении упомянутых графиков «мощность—время» (табл. 9).

Таблица 9

Периоды и отделы, близкие по длительности к периодам	Вероятные возрастные границы в млн. лет	Вероятная продолжительность периода в млн. лет	Наибольшая мощность отложений в км	
			в мире	в геосинклинальных областях Европейской части СССР
Современный	Антропоген (6—5 тыс. лет)	(6—5 тыс. лет)	—	—
Четвертичный			1,2	0,4 (Кавказ)
Неоген	0,6—0,006	0,6	10,2	2,7
Палеоген	26—0,6	26 (18—35)	8,7	6,7—7,2 (Карпаты)
Мел верхний	70—26	45 (35—45)	19,2	1,4
Мел нижний	90—70	20 (25)		1,1
Юра	120—90	30 (25)	6	5,4
Триас	155—120	35 (25—45)	7,5—8	0,8—1
Пермь	185—155	30 (30—35)		3,2—3,3
Карбон верхний и средний	225—185	40 (25—45)	12	3,1
Карбон нижний	250—225	25 (50—85)		4,0
Девон	285—250	35 (35—55)	11	3,6
Силур верхний	320—285	35 (35—55)	16	1,3
Силур нижний	350—320	30 (30—40)		2,2
Кембрий верхний	410—350	60 (60—80)	12	2?
Кембрий средний	430—410?	20?		0,8
Кембрий нижний	460—430?	30?		1,5—2
	520—460?	60?		

Примечание. В скобках приведены оценки длительности периодов, относительно которых остаются разногласия.

Полевое и лабораторное изучение мощностей, как явствует из сказанного, предусматривает:

1. Послойные замеры мощностей в обнажениях, горных выработках и скважинах с проверкой по всей измеренной длине разреза.

2. Подсчеты общей, средней и наибольшей мощностей толщ по картам и в поперечных сечениях складок (с поправками на пластические деформации, плейчатость и другие изменения объема).

3. Сравнение подсчетов мощностей с геофизическими определениями глубин (с выяснением причин расхождения оценок: в связи с возможным первично-наклонным залеганием толщ, с выклиниванием на глубине и т. п.).

4. Составление критического обзора прежних и новых фактических данных о мощностях отложений изучаемого разреза.

5. Составление карт-схем в изопакхитах.

6. Составление графиков осадконакопления (в масштабе абсолютного времени).

Сопоставления мощностей отложений с длительностью геологических эпох и периодов могут иметь большое значение для науки, содействуя разрешению вопроса о том, как совершались геологические изменения и процессы во времени.

## НАБЛЮДЕНИЯ НАД ПЕРВИЧНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ ЗАЛЕГАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

Из числа первичных особенностей залегания осадочных толщ наиболее существенны перерывы в отложении, различные типы несогласий напластования, а также первичные нарушения в залегании осадков. Изучение в поле названных особенностей очень важно прежде всего с точки зрения правильности оценки условий, времени и механизма образования геологических структур.

**Перерывы и несогласия.** Результаты изучения явлений ритмичности строения осадочных толщ, методика которого уже рассматривалась выше, постоянно ставят перед наблюдателем вопрос о том, не является ли почти каждая резкая граница наслоения, наблюдаемая в разрезе толщи, каждая отчетливая межпластовая поверхность признаком размыва и перерыва в отложении.

Как указывалось, в ритмически построенных континентальных и морских образованиях граница каждого крупного и мелкого ритма имеет следы размыва, перерыва или паузы в отложении. Так, ясным ритмическим строением обладают многие угленосные толщи, а в них, как уже гсворилось, постоянно наблюдаются многочисленные поверхности размывов.

Как только подобные межпластовые перерывы (диаастемы) обнаруживаются, сейчас же встает вопрос о характере изменений географической обстановки, соответствующих этим перерывам. Требуется установить, являются ли эти размывы и перерывы по своей природе континентальными или же подводно-морскими.

Повторяющиеся континентальные перерывы среди морских, лагунно-морских и дельтовых толщ сопровождаются в разрезе: 1) соответствующими многократными изменениями фациального облика органических остатков; 2) изменениями состава отложений, типов слоистости и гранулометрических особенностей пород; 3) наличием русловых форм размыва, нередко с заметным врезом в подстилающие слои; 4) следами заметного и длительного выветривания близ поверхности перерыва; 5) карманами с остатками наземных отложений и продуктов выветривания, с остатками наземных или пресноводных организмов; 6) трещинами высыхания; 7) обохриванием и первично-красноцветными каемками; 8) следами выщелачивания и доломитизации карбонатных осадков.

Для перерывов, возникших в условиях неполного осушения дна или вообще не связанных с осушениями, перечисленные выше признаки отсутствуют или неясно выражены. Зато с границами подводных размывов в разрезах морских отложений в этом случае, как правило, связаны отчетливые следы усиленной деятельности морских течений или приборя (сопровождающиеся бороздами течений, знаками ряби, механически отсортированными скоплениями ракушняка и др.). Кроме того, с границами подводных размывов в морских толщах нередко совпадает появление прослоев, отличающихся обилием зерен глауконита, окатанных,

источенных фолладами или обмытых до глянца фосфоритовых конкреций, прослоев из рудных, фосфатных или арагонитовых оолитов, а также своеобразных сообществ организмов, специально приспособленных для обитания в условиях сильных течений (сверлящие, прикрепляющиеся, зарывающиеся формы).

Обнаружить подводные перерывы в разрезах морских толщ гораздо труднее, чем континентальные, поскольку первые обычно не сопровождаются глубоким русловым врезом в подстилающие слои. Между тем подводные перерывы весьма многочисленны среди некоторых морских, с виду совершенно однородных, казалось бы непрерывных, отложений. Некоторые геосинклинальные морские и смешанные прибрежные отложения ритмического строения (например, флиш) тоже заключают внутри себя множество подводных перерывов (без признаков полного осушения дна).

Показательным примером обилия подводных перерывов среди некоторых платформенных морских отложений может служить разрез так называемых чудовских слоев верхнего девона Ленинградской области. В разрезе чудовских слоев на р. Шелони, в пределах всего 8 м по мощности, среди чередующихся между собой пластов строматопоровых и водорослевых известняков, мергелей и известковистых глин были найдены десятки горизонтов со следами резкого подводного перерыва (через каждые 0,2—0,3 м).

Каждая подобная поверхность перерыва в разрезе чудовских слоев почти незаметна, но она оставляет яркое впечатление, если ее внимательно рассмотреть на плитах сверху на большой площади наслоения. Такая поверхность пласта ровно и гладко обмыта. В углублениях размытого дна часто встречаются скопления известняковых галек и песка из мелко раздробленной морской ракуши. Следы высверливания камнеточками и весь облик бывших обитателей дна в подобных горизонтах указывает на обстановку твердого скалистого дна подводной банки, усиленно обмываемой течениями.

В составе фауны чудовских слоев, как выяснилось, преобладали организмы, наиболее приспособленные к жизни в условиях сильных течений на затвердевшем скалистом дне: морские лилии с прочно прираставшими корневидными присосками основания стебля, уплощенные, сросшиеся с дном двустворки, ползуче-стелящиеся по дну формы древних кораллов. Желваки строматопор и колониальных водорослей здесь часто оказываются срезанными подводным размывом (рис. 71).

Самой характерной формацией в отношении обилия межпластовых перерывов с признаками быстрого отвердения дна среди геосинклинальных отложений является флиш.

Как уже указывалось, на нижней поверхности каждого начального песчаного прослойка, или так называемого первого подэлемента флишевого ритма, встречаются ясные следы размыва предыдущего глинистого пропластка. Нижняя поверхность основания флишевого ритма обычно имеет сложный своеобразный рельеф. Эти гиероглифические борозды, насечки, валики, ямки и бугорки на поверхности пластов флишевой толщи оставляют впечатление то следов каких-

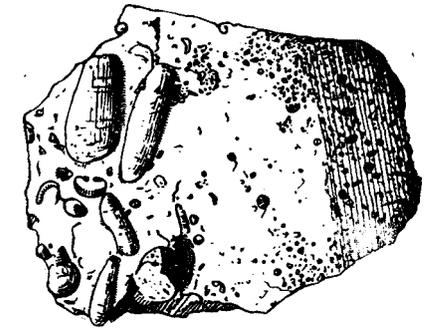


Рис. 71. Водорослево-строматопоровые желваки, вымытые на дне моря из слоя известняка во время образования чудовских слоев, окатанные, высверленные камнеточками и вьюсь погребенные в ракушьяковом песке на поверхности межпластового подводного размыва

По Р. Ф. Геккеру

то проплывавших предметов, касавшихся еще совсем мягкого, пластичного дна, то оплывин, подмытых струями или же, напротив, вдавленных сверху в податливый грунт, то бугров и воронок от вспучивания и разбрызгивания прежде полужидкого ила.

Ясно, что каждый такой прослоек ила, образующий верхний элемент ритмов во флише, находился в момент отложения еще в незатвердевшем, текуче-вязком состоянии.

Однако всякий раз перед тем, как эта поверхность подвергалась размыву в начале образования песка или алевролита следующего ритма, она, очевидно, успевала затвердевать, схватывалась или же покрывалась предохранительной пленкой бактериально-водорослевой слизи. Иначе не смогли бы в такой песчанниковой «матрице» запечатлеться все перечисленные тончайшие детали рельефа подстилающего слоя ила. Каждый раз на такую подготовку «матрицы», очевидно, требовалось время.

Скрытый перерыв и подводный размыв между двумя моментами осадения на границах ритмов во флише, таким образом, несомненны.

Подводный размыв и перерыв в морских условиях, разумеется, не всегда ограничиваются участками затвердевшего дна. Подводный размыв еще более вероятен на дне из неотвердевших отложений, но в ископаемых толщах отыскать его еще труднее.

Примерами подводных размывов среди рыхлых отложений могут служить детально исследованные случаи перерыва без осушения дна, обнаруженные в фосфоритоносных верхнеюрских и нижнемеловых толщах Европейской части СССР. Показателями перерыва здесь служат: 1) сокращенная неполная мощность слоев; 2) обилие непереотложенных зерен глауконита, наличие фосфоритовых галек, а также гладких, глянцево-цеховых, источенных фоиладами и сверлящими губками обломков окаменелостей; 3) природная смесь фаун неодинакового возраста в одном слое очень незначительной мощности.

Наряду с толщами, отличающимися резко расслоенным прерывистым напластованием, с постоянной повторяемостью межпластовых перерывов того или иного рода, существуют толщи, характеризующиеся монотонным или слабо расслоенным напластованием, т. е. постепенностью отложения, с почти полным отсутствием перерывов и неуловимо плавными переходами между пластами. Песчаники, алевроиты и глинистые сланцы, или же кремнистые и глинистые сланцы, или, наконец, мергели и известняки в таких толщах чередуются между собой, нерезко, плавно и незаметно сменяя друг друга.

Надо иметь в виду, что внешне даже довольно постепенный переход между пластами еще не всегда свидетельствует об отсутствии перерывов в отложении. Порой согласно друг на друге залегают пласты и толщи, резко различные по возрасту и по генезису (например, юра на перми, карбоновые известняки на нижнепалеозойских сланцах и т. п.), без какой бы то ни было четкой границы между ними.

Случаи такого скрытого перерыва, замаскированного внешне согласным залеганием и кажущимся переходом между породами, особенно часто встречаются на контактах между рыхлыми, слабо сцементированными пластами, особенно если во время отложения последние находились в текуче-полужидком состоянии (пески-пльвуны, желеобразные илы).

Внешне почти незаметный скрытый перерыв образуется также при налегании осадков на глубоко выветривающуюся разрыхленную породу, например обычно на контакте аркозовых песков с гранитами; если аркозы к тому же сцементированы, бывает очень трудно и в поле, и под микроскопом установить, где кончается коренной гранитный массив и где начинаются аркозовые песчаники. При геолого-съёмочных исследованиях

бывали случаи, когда выходы аркозовых песчаников принимались за граниты, и наоборот.

Вместе с тем, вопреки распространенному мнению, далеко не всегда наличие пачек конгломератов указывает само по себе на значительность перерыва между пластами.

Имеется много примеров перерывов, крупнейших по масштабу, особенно в платформенных областях, где грубообломочных продуктов размыва на контактах толщ почти нет или они встречаются лишь изредка и являются непостоянными и незначительными по мощности. Имеются также примеры толщ, содержащих значительные конгломератовые линзы или довольно выдержанные пачки конгломератов значительной мощности и, несмотря на это, по существу непрерывных, единых по своему возрасту.

Отсюда вытекает, что судить о значительности перерыва между пластами и толщами следует не по одному какому-либо отдельно взятому литологическому, фациальному или фаунистическому признаку, но по всей совокупности данных и прежде всего — по соотношению площадей распространения, по резкости различий в вещественном составе и по другим фациально-литологическим особенностям сравниваемых пластов и толщ.

Если детальное прослеживание сравниваемых пластов или толщ установит в плане резкое различие их первоначального площадного распространения (например, обнаружится обширное перекрытие ряда нижележащих горизонтов верхней пачкой, плащеобразное облекание ею подстилающих толщ, долинное врезывание и заполнение, идущее по новым руслам), естественно сделать вывод о крупном масштабе перерыва.

Если же распространение сравниваемых пластов в плане почти одинаково, причем в вещественном составе их обломочного материала, а следовательно и в источниках сноса нет существенной разницы, позволительно усомниться в длительности перерыва и в значительности возрастных различий, хотя бы даже в ряде мест и наблюдалась межпластовая резкая и неровная граница размыва в разрезе между слоями, о которых идет речь.

В самом деле, резко неодинаковое распространение различных отложений в плане заставляет предполагать наиболее значительные перемены в физико-географической обстановке и в динамике среды осадкообразования, а следовательно в местоположении центров размыва и путей переноса осадков.

При выяснении масштаба перерывов между осадочными толщами, в конечном счете, требуется собрать фактические данные о наличии или отсутствии существенных перемен в расположении поднятий и опусканий, в характере отложения и в масштабе тектонических изменений строения местности, происшедших за время, протекшее между образованием сравниваемых толщ.

Чем ошутительнее различия в характере и площади первоначального распространения осадков, тем крупнее были изменения условий осадкообразования, изменения путей и центров размыва. Но изменение конфигурации бассейнов отложения, естественно, влечет за собой более или менее заметное изменение областей размыва, а следовательно и различие вещественного состава осадков. Стало быть, в известной мере можно судить о переменах в очертаниях и в масштабе бассейна отложения также по изменениям минералого-петрографического состава обломочных пород.

Однако установление резко различного состава галек в толщах полимиктовых конгломератов и песчаников, заключающих в себе продукты размыва различных нижележащих толщ или содержащих обломки чуждых пород, принесенные из очень отдаленных массивов, является

лишь поводом к предположению о трансгрессивном или несогласном залегании свиты, но далеко еще не доказательством. Пестрота состава обломочных толщ порой обусловлена перебивом материала из более древнего полимиктового комплекса.

Из сказанного должно быть ясно, что в вопросах оценки значительности перерывов и несогласий между осадочными образованиями решающая роль принадлежит тщательной геологической съемке, сравнению особенностей состава и детальному прослеживанию горизонтов. Задача, разумеется, упрощается, если сделаны находки руководящих окаменелостей в слоях, расположенных непосредственно ниже и выше изучаемой поверхности перерыва.

В геологической литературе для всех случаев различия в залегании осадочных образований принято общее название: несогласие, обозначающее резкий первичный перерыв и различие во времени и условиях отложения.

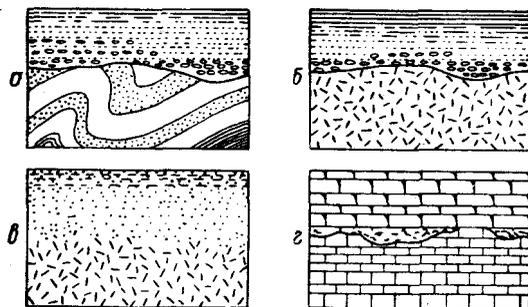


Рис. 72. Разные случаи несогласий. По В. Н. Веберу, (с изменениями)

*a* — явное угловое несогласие (верхняя ненарушенная толща залегает на глубоко размытой и испытавшей складчатость более древней нижней толще); *b* — не доказанное, но вероятное угловое несогласие (элементы залегания подстилающих пород не установлены, но угловое несогласие вероятно, например в тех случаях, когда подстилающие породы глубоко метаморфизованы и имеют гораздо более древний возраст по сравнению с налегающей свитой); *c* — скрытый перерыв (граница налегания неясна вследствие разрушенности подстилающих пород, например наложение аркозов с постепенным по внешнему виду переходом на гранитный аллювий и коренной гранит, наложение гравуак на разрушенные основные порфиры, из которых они произошли); *d* — неровная граница размыта (следует высветить прослеживанием в плане, нет ли слабого несогласия между толщами, не налегает ли верхняя толща на разные слои нижней)

странении по площади, при отсутствии различий в деформации толщ (по условиям их залегания в разрезе).

Под угловым несогласием понимают такое, при котором толща молодых отложений ложится на размытую поверхность различных более древних пород, ранее дислоцированных и потому расположенных под некоторым углом к напластованию покрывающей толщи (рис. 72).

Между слабым несогласием (залеганием на разных подстилающих слоях) и угловым несогласием могут существовать переходные по резкости несогласия — разница в углах залегания составляет всего несколько градусов или десятков минут (так называемые крайние несогласия).

Самая важная форма несогласного залегания — угловое несогласие. На изучение и документацию угловых несогласий необходимо обращать особое внимание, так как от этого зависят важнейшие выводы о геологической истории местности и правильность выбора направления поисков.

Сравнительно легко установить угловое несогласие в условиях хорошей обнаженности и там, где покрывающая толща лежит горизонтально или подверглась лишь слабым нарушениям.

Труднее доказать угловое несогласие в условиях плохой обнаженности, особенно если несогласно залегающая толща сама складчатая (рис. 73).

В последнем случае необходимо иметь в виду, что пласты более молодой свиты, непосредственно налегающие на поверхность размыва древних пород, будут оставаться более или менее параллельными этой поверхности, как бы она ни была деформирована (рис. 74). Эта парал-

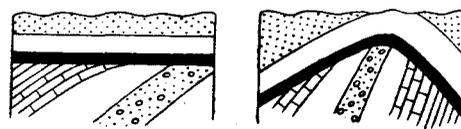


Рис. 73. Угловое несогласие в разрезе горизонтально лежащих толщ (слева) и складчатых (справа)

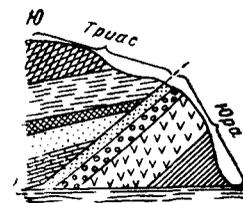


Рис. 74. Пример опрокинутого несогласного напластования (угловое несогласие)

лельность покрывающих пластов с поверхностью несогласия заметна не только в разрезах, но и в плане, т. е. должна быть прослежена и на геологической карте (рис. 75).

Верхний предел возраста углового несогласия определяется возрастом самых нижних слоев несогласно налегающей толщи (например, келловейское несогласие, если нижние слои относятся к келловейю).

Для установления периода, в течение которого имела место складчатость и в итоге образовалось угловое несогласие, необходимо установить наименьший возрастной интервал углового несогласия, т. е. определить как можно точнее возраст самых нижних пластов несогласно налегающей толщи и возраст самых молодых пластов, залегающих под несогласием.

При описании углового несогласия необходимо выяснить степень его резкости и приуроченность к определенной тектонической (фациальной) зоне. Повсеместно наблюдаемое в данной области угловое несогласие рекомендуется называть региональным угловым несогласием. Нередко такое региональное несогласие выражается не только в различии углов падения свит, но и в простираниях складок, в отличие от местных угловых несогласий, изменчивых по степени резкости и проявляющихся лишь местами: наиболее отчетливо они выражены над размытыми ядрами древних поднятий (так называемые осевые несогласия) и постепенно затухают, еле заметны в областях погружения (уже упомянутые выше крайние несогласия).

Необходимо постараться определить область распространения данного углового несогласия, помня, что по соседству с областью размыва складчатого основания одновременно могла существовать область погружения, которая характеризуется почти непрерывным накоплением осадков и отличается отсутствием признаков несогласия.

Практически в разрезах при работе с горным компасом улавливается угловое несогласие с разницей в углах не менее 2—3°.

Более слабые несогласия удается установить только путем тщательного нанесения границ свит на карту.

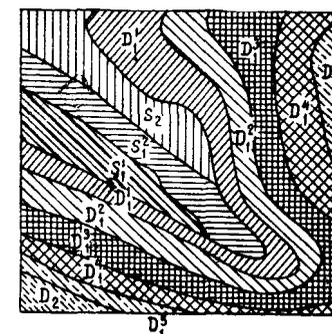


Рис. 75. Несогласное напластование (угловое несогласие между силуром и девоном) в плане

Если угловое несогласие неуловимо в разрезах, но на карте можно проследить, что покрывающая свита залегает на разных подстилающих породах, говорят, что в данном случае установлено резкое трансгрессивное залегание (хотя такое трансгрессивное залегание или перекрытие различных подстилающих слоев может возникнуть не только при наступании, но и при отступании моря).

Перерыв в напластовании со следами размыва нижних пластов в том случае, когда ни в разрезах, ни по карте вовсе не замечается разницы в углах залегания (т. е. в степени деформации выше и ниже лежащих отложений), нередко называют, в отличие от углового несогласия, параллельным несогласием (по В. А. Обручеву), но такое название нельзя признать удачным. В этих случаях имеют в виду наличие резко неровной поверхности размыва и других признаков перерыва в накоплении осадков, пластующихся параллельно, но разделенных некоторым промежуточком времени.

Несогласие называют скрытым, когда поверхность несогласного налегания неуловима из-за отсутствия в породах ясной слоистости или из-за разрушенности (рыхлости) залегающих под несогласием пород. Ярким примером скрытого несогласия может служить налегание аркозов на дресвянистую кору выветривания гранитов. В этом случае, несмотря на довольно резкое несогласие, иногда трудно установить точную границу гранитов и аркозов.

Унаследованным можно называть несогласие в том случае, когда поверхность размыва создавалась в эпохи, неизмеримо более древние по сравнению с возрастом покрывающей свиты. Примером унаследованного несогласия может служить залегание четвертичных отложений на древней поверхности размыва докембрийских толщ.

Необходимо помнить, что распространение разной степени несогласий, относящихся к одной и той же эпохе, ограничено преимущественно областями наибольших прежних поднятий и размывов. Резкое угловое несогласие в складчатой зоне или в приосевых частях антиклинальных складок, как уже было сказано, может сменяться во впадинах обширных прогибов и на окраинах платформ слабым несогласием, лишь перерывом и, наконец, полным согласием.

Повсеместные (в обширной области) резкие региональные угловые несогласия, как правило, создаются благодаря многократному нарастающему наложению ряда несогласий.

Существенное значение для точности выводов при изучении перерывов и несогласий имеет правильная терминология. Угловое несогласие, имеющее региональное значение, следует называть не по месту, где оно было впервые обнаружено, а по возрастному, стратиграфическому его положению. Неразумно называть несогласия, обнаруживаемые в горных областях СССР, по устаревшему, механически подгоняемому «стандарту» Западной Европы (вроде, например, пфальцской, бретонской, астурийской фазы). Наиболее просто и ясно можно называть несогласия по их положению в разрезах. Если время возникновения регионального углового несогласия и перерыва точно установлено и занимает эпоху, непосредственно предшествующую моменту отложения налегающей толщи, наименование этой эпохи перерыва включает приставку пред (предкембрийское несогласие, предсенонский перерыв). Если же время (длительность) и условия формирования несогласия, перерыва не установлены точно, а известен только возраст покрывающих слоев, название такого недостаточно известного горизонта перерыва и несогласия обозначают приставкой до (докембрийское несогласие, дочетвертичные размывы).

**Первичные нарушения в залегании осадков.** Одной из интересных задач полевого наблюдения является изучение первичных нарушений залегания, образовавшихся еще во время отложения осадков.

Рассуждая об условиях и характере залегания осадочных пластов, мы обыкновенно исходим, в общем, из первоначально горизонтального залегания осадков в эпоху их отложения. Всякое изменение этого исходного (горизонтального) залегания принято объяснять в первую очередь тектоническими нарушениями. Методической ошибки в этом предположении нет, поскольку в подавляющем большинстве случаев так оно и оказывается на деле.

Однако теперь неопровержимо установлено, что некоторые нарушения, выражающиеся в виде разнообразных смятий и разрывов пластов, местами достигающих значительного масштаба и не так уже редко встречающихся в определенных фашиальных условиях, по своей природе не являются тектоническими и возникли во время накопления осадков.

Заметное первичное нарушение залегания осадочных отложений вызывается оползнями, повторяющимися время от времени в период образования толщ как в наземных или прибрежных условиях, так и в особенности под водой на дне моря. Не меньшее значение имеют сжатие илов в процессе отложения, потеря в объеме и мощности благодаря обезвоживанию, уплотнение в процессе накопления и диагенеза. Оползание больших площадей осадков всего чаще происходит и происходило там, где нередки землетрясения, особенно подводные.

Особым фактором, вызывающим нетектоническое смятие в поверхностных слоях толщ, является напор движущихся льдов (ледников).

Учитывая эти обстоятельства, наблюдатели должны иметь в виду возможность нахождения значительных первичных смятий и разрывов пластов: 1) в областях прежних сейсмически-активных подводных порогов дна бассейнов, где происходило отложение; 2) в обстановке крутого обрывистого склона бывшего побережья, в зонах предгорного прогиба, особенно в эпохи образования флиша и моласс; 3) в условиях мощного рифообразования (на склонах рифовых построек); 4) в мощных пльвунах и в других илстых толщах, бывших в момент образования в вязко-текущем состоянии; 5) на склонах растущих соляных куполов; 6) в областях, находившихся под мощным покровом оледенения.

Беским доводом в пользу наличия первичных, одновременных с отложением древних оползневых смятий служит сочетание следующих особенностей: 1) приуроченность смятий к определенному, иногда очень узкому стратиграфическому горизонту, причем кровля и (что особенно важно) подстилающая толща оказываются не затронутыми этими нарушениями; 2) наличие почти одновременных с отложением размывов, затрагивающих смятые пачки внутри и в кровле горизонта; 3) признаки первоначального вязко-текучего состояния осадков, легко поддававшихся оплыванию, благодаря чему насыщенные водой слои изредка могут быть инъицированы в другие, наподобие изверженных масс (нептунические «дайки» песчаников, бывших пльвунов, пронизывающие трещины над пластами); 4) признаки бывшего коллоидного свертывания осадков (с резким сокращением объема и отделением воды) при переходе из студнеобразного состояния в уплотненное; 5) особенные формы смятия, напоминающие завихрения или свертки из различным образом «скатанных» слоев (рис. 76).

По масштабу первичные (нетектонические) нарушения обычно невелики (десятки метров по мощности), но в особо благоприятной фашиальной и структурной обстановке они могут не уступать очень крупным тектоническим нарушениям. Детально описаны горизонты древних оползней, в разрезе напоминающие покровное строение, с пологими разрывами большой амплитуды, лежащими складками и пр.

Древний размыв оползших смятых пачек слоев может создать подобие углового несогласия, которое, однако, вовсе не свидетельствует

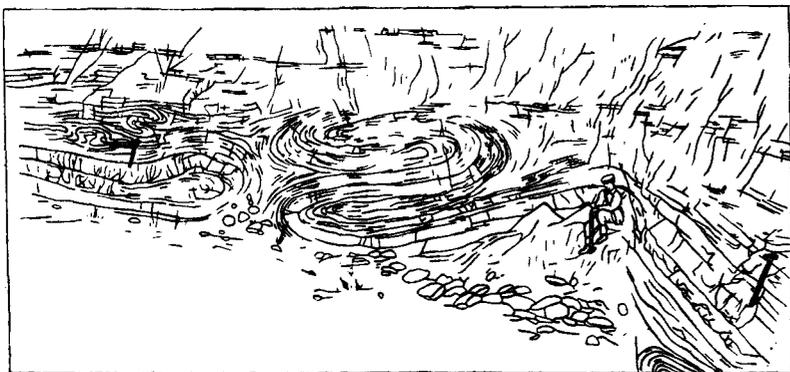
о какой-либо складчатости. Там, где древние оползны и другие первичные смятия подвергались вместе со всеми окружающими толщами последующим тектоническим нарушениям, перед геологом стоит особенно трудная задача отличить действительные угловые несогласия от горизонтов размыва древних оползней. Понятно, что происхождение некоторых подобных явлений (например, на Урале, Алтае и в Казахстане) до сих пор представляет предмет споров.



а

Первичные деформации, возникающие благодаря обезвоживанию осадков, уплотнению их, сжатию под нагрузкой, без существенного участия подводного оползания, обычно довольно плавны и невелики по масштабу (нередко в пределах слоя).

Сжатие (уплотнение) осадков обыкновенно лишь подчеркивает, усиливает в залегании толщ картину прежних неровностей под-



б

Рис. 76. Типичные формы оползневых смятий. По А. В. Хабакову

а — ложная антиклинальная складка на почти ненарушенном основании толщи песчаников и глинистых сланцев, размывтая перед отложением вышележащих конгломератов, отчасти нарушенных (в прибрежно-морских отложениях артинского яруса на западном склоне Среднего Урала); в левом нижнем углу на зарисовке виден оползневый пакет среди почти ненарушенных слоев песчаников; б — вальцевидные и зигзагообразные лежащие складки в стратиграфически выдержанном горизонте древнего подводно-морского оползня между почти ненарушенными слоями кровли и почвы (в артинских песчанниках, мергелях и глинистых сланцах западного склона Среднего Урала)

вижного дна бассейна; во впадинах, заполненных более мощными илистыми толщами, благодаря увеличивающемуся со временем сдавливанию и уплотнению создаются характерные «провисания», т. е. замечается постепенное увеличение углов наклона мульд книзу, в более древних слоях.

Поверхностные смятия и скальвания, вызванные напором двигавшихся льдов, описаны с достоверностью только из современных и из четвертичных отложений. Решающими признаками ледниковой природы нарушений служат прямая связь их формы, положения и распространения с бывшим направлением и характером движения льдов (особенно часто над препятствиями и выступами твердого коренного ложа в полосе морены напора), а также быстрое затухание вызванных ледником скла-

док, смятий и раздроблений на глубину. В Прибалтике, Западной Сибири и в ряде других мест обнаружены довольно крупные и сложные антиклинальные складки, обычно быстро выполаживающиеся на глубине. Найдены также перенесенные на далекое расстояние и перевернутые напором ледника огромные глыбы древних известняков и пакеты песчано-глинистых толщ (например, на р. Поповке под Ленинградом). Поскольку можно предполагать наличие явлений как складчатости, так и оледенения, необходимо всесторонне и объективно изучить природу таких деформаций во избежание одностороннего вывода. Например, изучая ледниковые нарушения, не следует упускать из вида тектоническую основу структур, осложненных гляциодислокациями, или, наоборот, гляциодислокации на фоне настоящих складок.

## НАБЛЮДЕНИЯ НАД СТЯЖЕНИЯМИ И НЕКОТОРЫМИ ВТОРИЧНЫМИ ТЕКСТУРАМИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Вещество осадков, особенно его растворимая часть, нередко подвергается вскоре после отложения многократному и существенному перераспределению. Еще сильнее изменяются осадки в процессе окаменения. Местами происходит выщелачивание и растворение под влиянием нагрузки вышележащих слоев с образованием характерных, подчас очень причудливых пустот и текстур (стилолитов, фунтиковой текстуры, или конус в конусе). Возникают вторичные и распадаются или изменяются первичные минералы породы. Сильно изменяется не только состав, но и весь облик осадка. Местами, частью еще во время отложения, образуются стяжения (конкреции) различного строения и разного возраста (рис. 77).

Внимательное изучение в поле всяких вторичных образований и видоизменений, отражающих ход превращения осадка в горную породу, дает возможность правильнее и точнее сопоставлять горизонты сравнимых разрезов и вскрыть особенности геологической истории отложений.

Одним из простых и показательных способов изучения истории последующих изменений отложений являются наблюдения над стяжениями; такие наблюдения безусловно необходимы при наличии оруденения в осадочных пластах.

Среди стяжений различают прежде всего сплошные, или собственно конкреции, и пустотелые, полые внутри (или заполненные кальцитом, арагонитом), т. е. жеоды и септарии. Жеодами называют полости в породе, внутри нередко застланные переотложенными корками и щетками кристаллов (кварца, кальцита, арагонита, гидрогетита и др.). Септариями (рис. 78) называют изнутри трещиноватые стяжения с поверхностью наподобие грубо растрескавшейся хлебной корки (похожи на узлы скрепления прожилков — м е л и к а р и и).



Рис. 78. Септария. Видны выступающие ребра жилки, рассекающей септарию. 1/2 нат. вел. По А. Н. Заварицкому

<sup>1</sup> Более точное разделение стяжений на ранне- и позднедиагенетические (в начале изменения) и эпигенетические (уже в литифицированных породах) возможно на основе более подробного литолого-петрографического изучения.

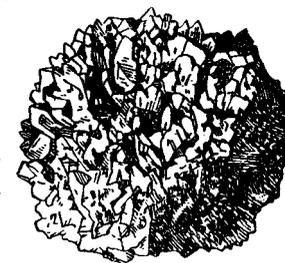


Рис. 77. Шарообразная конкреция из битуминозного черного кальцита (антраконита из кембрийской глины Ленинграда). 1/2 нат. вел.

По А. Н. Заварицкому

рии или вторичны, или возникли в процессе позднего диагенеза.

С конкрециями не следует смешивать окатыши, валуны из почти таких же пород, что и вмещающая их среда, и другие переотложенные включения.

Конкреции первичного происхождения характеризуются полным согласием их расположения со слоистостью (рис. 79).

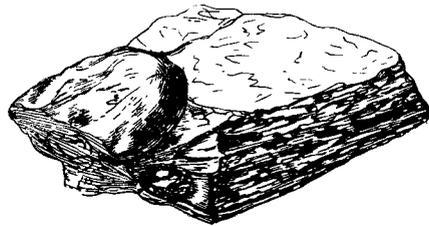


Рис. 79. Согласно со слоистостью расположение лепешковидной рудной конкреции марганцевой руды в рудоносном пласте мергеля. По А. В. Хабакову

Если конкреции в виде эллипсоидальных желваков залегают в тонкослоистой породе, причем поверхности наслоения местами подходят к ним вплотную или только сверху чуть облекают их склоны, то стяжения, возможно, первичны (рис. 80, а).

Полное крутое огибание прослоек над и под конкрецией (наподобие прослоев древесины вокруг сучка в разрезе) указывает на последующие изменения объема, т. е. скорее свидетельствует в пользу вторичности образования стяжений.

Большинство первичных конкреций в осадках прямо или косвенно связано с жизнедеятельностью организмов (бактериальные, водорослевые желваки на дне морей и озер — рис. 81).

Первичные стяжения нередко заключают в ядре органические остатки, вокруг которых развивались брожение, цементация (сферосидеритовые стяжения внутри с отпечатками рыб и растений, пиритовые и меднорудные стяжения вокруг углистой древесины и костей, фосфоритовые конкреции на ракушках, костях и других образованиях).

Конкреции вторичного происхождения развились уже в породе или значительно позже седиментации, в процессе окаменения осадков. Соответственно или замечается вытеснение окружающего осадка в результате разрастания конкреции (с характерным почковидным раздвиганием прослоек), или же внутри, в поперечном расколе стяжения, обнаруживаются реликтовые следы слоистости замещенных прослоев пласта, идущие насквозь через стяжение (рис. 80, б).

Часто отмечается связь по расположению и форме вторичных стяжений с отдельностью, трещиноватостью и выветриванием породы (в рыхлых пластах, раздробленных трещинами, впоследствии плотно зацемен-

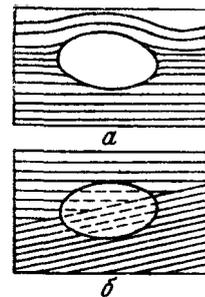


Рис. 80. Различие между первичными и вторичными конкрециями по отношению их к слоистости. По Л. В. Пустовалову

а — около первичной конкреции, особенно над ней, обтекающие ее прослойки, которые местами подходят к желваку вплотную; б — во вторичной конкреции, образовавшейся после отложения слоев, внутри нередко отмечаются следы слоистости замещенной породы



Рис. 81. Марганцевая конкреция из глубоководной красной глины на дне Атлантического океана. По А. Н. Завадричному

тированными, иногда встречаются угловатые ящикообразные конкреции). Границы с окружающим осадком у стяжений позднейшего вторичного происхождения нередко нерезки, неправильны.

Относительно происхождения септарий и жеод существует несколько разных точек зрения. Наиболее правдоподобен взгляд, что септарии возникают из стяжений с первоначально коллоидной желеобразной массой внутри, затем раскристаллизовавшейся, отделявшей воду и в связи с уменьшением объема растрескивавшейся. Действительно, внутри септарий и жеод нередко обнаруживаются вода и совершенно обособленные, свободно лежащие сростки — «погремушки» и комки породы. Сравнение объема и состава внутренней полости и оболочки стяжения позволяет установить характер минералообразующего раствора.

По внутреннему строению нужно различать: радиальнолучистые или сферолитовые, скорлуповатые или концентрически-слоистые, полосчатые (по слоистости окружающей породы) и однородные стяжения.

Не следует упускать из вида, что само вещество вторичных стяжений, в свою очередь, тоже могло замещаться другим. Так, первоначально карбонатные конкреции могли затем подвергнуться ожелезнению, а позже — окремнению и т. п. Исследование всех последовательных стадий развития состава, формы, окраски и строения конкреций может пролить свет на историю пласта и толщи в целом, особенно при наличии оруденения.

Там, где стяжения особенно многочисленны и располагаются строго послойно, они могут оказаться отличительным признаком отдельных горизонтов и пластов. Для этого необходимо детально и на многочисленных образцах сравнивать их размеры, форму, строение и состав. Успешный опыт стратиграфической корреляции пластов по конкрециям был проведен в Печорском угольном бассейне.

Немаловажные указания относительно геологической истории местности иногда можно извлечь, сопоставив особенности распределения конкреций с прежним и современным положением грунтовых вод в породах. Следует обращать внимание также на взаимосвязь в расположении стяжений со складчатыми структурами и с прежними эрозионными поверхностями, а также на переотложение конкреций (среди древних конгломератов).

Изучение конкреций, отличающихся по своему составу или, тем более, оруденелых, должно сопровождаться петрографическим, химическим и спектральным исследованием состава разных зон стяжений и состава окружающих пластов. Желательны детальные фотоснимки и зарисовки условий залегания в пластах, внешнего вида и внутреннего строения конкреций (с масштабом).

### НАБЛЮДЕНИЯ НАД ИСКОПАЕМЫМИ ОСТАТКАМИ ОРГАНИЗМОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЯМИ УСЛОВИЙ ОТЛОЖЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

В геологической практике органические остатки обычно используются как материал для стратиграфических построений. Не меньшую ценность они представляют для выяснения условий образования осадочных толщ, ибо организмы теснейшим образом связаны со средой своего обитания и в силу этого являются хорошими показателями ее особенностей. Наблюдения над органическими остатками, имеющие своей целью выяснение фациальных условий их обитания (или погребения), несложны и не требуют особой затраты времени. Каждое наблюдение в отдельности может показаться на первый взгляд незначительным, но взятые вместе, они могут дать материал для понимания генезиса осадочных образований, а следовательно и генезиса связанных с ними полезных ископаемых.

Уже с первых шагов палеоботаники, с начала XIX века, обнаружилось стремление выяснить на основании наблюдений над соответствующими ископаемыми ассоциациями растений среду, в которой в свое время они развивались. Относительно недавно, в более целеустремленной форме, в палеоботанике развилось направление, которое имеет своей задачей выяснить не только ту обстановку, в которой росли определенные растения прошлого, но и те условия, в которых они отложились в осадках и перешли в ископаемое состояние. Сложная совокупность этих условий состоит из понятия климатической зоны, связанной с определенной широтой и местными особенностями рельефа, условий обитания и отложения, типа растительной формации, а в некоторых случаях и времени (сезона) отложения осадков с растениями.

**Сбор материалов.** При изучении ископаемой флоры геолог, собирая образцы, прежде всего должен, по возможности, исчерпать систематический состав сообщества ископаемых остатков, собирая материал строго послойно, особенно если материал различных слоев не одинаков по составу или характеру сохранения.

Если извлекается не весь доступный материал (например, не вся линза с растительными остатками), то господствующие формы следует брать в большем количестве, а более редкие — в меньшем, соответственно в убывающем порядке, или, по крайней мере, отметить эти данные в записях. Выборочные сборы единичных или только «красивых» отпечатков часто могут привести к совершенно ложным выводам.

Для точности палеоботанических определений должны быть, по возможности, взяты все доступные части растений. Если какие-либо листовые отпечатки дефектны (например, у них отсутствуют какие-то части листа), то надо специально искать образцы, дополняющие непредставленные участки (особенно верхушки, края или основания листа), наиболее ценные для видового определения. Особо следует обратить внимание на поиски отпечатков плодов, семян, цветков.

Обычно ископаемые растительные ассоциации представляют растения не одного естественного (прижизненного) их сообщества, а смесь членов различных сообществ или даже формаций. Например, в одном пласте нередко можно видеть смесь остатков моллюсков, рыб, раков, бурых водорослей с растениями лесных формаций.

При нахождении ископаемых стволов, поскольку затруднительно и даже бесполезно собирать этот тяжеловесный материал, нужно в случаях более или менее массового нахождения их записывать ориентировку залегания стволов, их комлей и верхушек по странам света и их положение (наклон) в пластах. Важно также отмечать длину и толщину, состояние коры и внешних слоев древесины, а также обоих концов ископаемого ствола или его отрезка (измочален ли он, окатан и т. д.).

**Изучение условий залегания.** Растительные остатки, отпечатки листьев, мелкие части побегов могут залегать различно, что дает важные указания на способ их переноса и условия погребения. В одних случаях растительные остатки закономерно располагаются по плоскости напластования, массами, рассеянно или поодиночке; они то замечательно сохраняют все детали, то мацерированы до неузнаваемости, что указывает на условия переноса и на скорость накопления осадков, а иногда и на бактериальные проявления в донном иле.

В других случаях остатки бывают беспорядочно распределены в породе (обычно в песчанике). При этом стебли могут стоять торчком или наклонно, листья могут быть свернутыми в трубку или изогнутыми, лежать во всех направлениях и т. п. Первая особенность залегания свидетельствует о спокойном отложении материала в тихом бассейне, вторая — о бурном переносе, чаще всего временными потоками или эоло-

вым путем (что установлено для сена Гартца, где крупные листья креднерий беспорядочно распределены в песчанике в свернутом и изогнутом состоянии).

При наблюдении условий погребения растительных остатков нужно отметить состояние самих остатков, особенно — массивных телесных частей, например стволов, побегов, плодов и крупных семян. Существенно отметить, являются ли эти объекты сплюснутыми или, наоборот, стволы сохраняют свою цилиндрическую, а плоды — шаровидную или сфероидальную форму, с сохранением или без сохранения кутикулы.

В случае сплюснутости стволов и плодов мы, очевидно, имеем дело с материалом, подвергшимся направленному давлению либо первоначально — под влиянием веса вышележащих пород, либо впоследствии — при тектонических движениях.

При наблюдении распределения растительных остатков важно отметить их естественное, первоначальное положение — в виде корней, вертикальных побегов, распространение корней ярусами, а также установить иногда наблюдающуюся многоэтажность этих образований.

При наблюдении над ископаемыми стволами в осадочных породах необходимо иметь в виду следующее: в текучей воде (в реках) стволы располагаются параллельно течению, комлем вниз по течению в глубоких местах рек или, наоборот, комлем вверх по течению в мелкой воде, если отрезки ствола застревают на дне. В условиях морского побережья плавник отлагается на береговом валу, параллельно линии берега, причем стволы оказываются лишенными коры, внутренность стволов может быть набита мелкой галькой и крупным песком, а концы округлены или измочалены. При отложении стволов, вынесенных быстрыми реками во время наводнений в мелкое море, стволы могут погребаться перед устьем рек в наклонном положении, комлем ко дну и к берегу.

Наличие больших скоплений ископаемых стволов не должно непременно приводить к выводу о лесной обстановке района их отложения, так как более вероятно предполагать их нахождение скорее в местах накопления, а не в местах произрастания. При нахождении ископаемых стволов очень важно установить присутствие в них ходов сверлящих моллюсков, что укажет на отложение в морской среде. Следует отмечать и ориентировку мелких остатков растений, имеющих различные размеры по длине и ширине, что может дать представление о линии приобья и течениях.

**Растительные остатки как показатели прошлого климата.** При наблюдениях над растительными остатками с целью выяснения климата необходимо учитывать облик и морфологические признаки самих остатков, т. е. если это будут отпечатки листьев, то их размер, форму, характер верхушки и основания, свойства края листа в отношении его цельности или зубчатости, консистенцию листа и т. д.

Точные выводы о климатических нормах для определенной растительной формации геологического прошлого делаются путем сравнений с условиями произрастания сходных современных формаций. Когда более или менее выяснен состав ископаемой растительной формации, производятся поиски ее аналога в современной флоре и изучаются ее свойства, что не только дает возможность вывести заключения о климате соответствующей эпохи, но и позволяет сделать дополнительные определения материала на основании той же аналогии.

Однако надо иметь в виду, что эти критерии не универсальны и выводы должны делаться с большой осторожностью. Тогда как на основании внешней морфологии листьев и на основании знакомства с потребностями современных аналогичных форм мы довольно легко можем ориентироваться в потребностях к климату и условиям произрастания растений третичного и четвертичного периода, суждение о представителях

растительности мелового периода уже может быть спорным, так как потребности этих более чуждых нам форм неизвестны.

Тем более трудны такие заключения относительно растений еще более отдаленных эпох (юрских, пермских или каменноугольных), так как выводы, сделанные на основании морфологии и облика листьев покрытосеменных растений, не могут быть механически перенесены на другие систематические группы, например птеридоспермы, папоротники, саговниковые, хвойные.

В этих случаях для каждой систематической группы растений должен быть выработан свой критерий, применимый лишь в ее рамках. Например, можно допустить, что узость и плотность сегментов папоротников некоторых юрских и меловых флор Европы типа *Scleropteris*, *Pachypteris* может служить указанием на влияние сухого климата или хотя бы на наличие выраженного сухого сезона в их жизни. Во всяком случае, необходимо иметь в виду, что древние вымершие представители определенных групп, хотя бы теперь тропических или полярных, сами по себе не могут служить критерием климатических условий прошлого.

Так, современные саговники являются жителями тропиков и субтропиков, но не исключена возможность, что их древние представители могли обитать в умеренном или даже более суровом климате. Например, в бассейне р. Анадыря в позднем мелу еще существовали саговники, но эти растения там были крайне миниатюрны; возможно, они росли тогда в суровом климате.

Пальмы вообще служат критерием теплого или жаркого климата, что несомненно и для палеогена Украины и Западной Европы. Но пальма *Sabal*, обитающая теперь лишь в теплой и жаркой зоне Северной Америки, находится в третичных отложениях Японии в сообществе с буком и каштаном, т. е. в составе формации умеренного климата. Скорее можно допустить, что эта пальма способна была переносить более суровый климат, чем предполагать, что типично умеренная формация буково-каштанового леса изменила теперь свои климатические потребности.

Наличие в ископаемом состоянии какой-либо типичной растительной формации, богатой по составу, позволяет делать достаточно надежные выводы о климате прошлого. Так, древесная растительность не может расти в условиях полярного климата или чрезмерного увлажнения в прохладном климате; деревья облика умеренного климата не могут расти в пустыне иначе, как только в условиях галерейного леса (тугай).

К сожалению, применимость даже морфологических признаков распространяется преимущественно на покрытосеменные и отчасти хвойные, а в отношении времени — только на третичный период и часть мелового. Однако при применении достаточно обширного материала возможны более уверенные заключения и относительно более удаленных от нас эпох.

**Растительные остатки как показатели условий обитания.** В этом направлении важно отметить необходимость наблюдений над низшими растительными организмами — бактериями, водорослями. Вопрос о бактериях в ископаемом состоянии очень стар, но большинство сделанных наблюдений было основано на ошибках. Хорошо улавливаются более крупные железобактерии, заметные по бурой окраске их оболочек. По ним можно судить об обстановке и режиме условий обитания.

Из водорослей в ископаемом состоянии чаще наблюдаются сине-зеленые, диатомовые, зеленые, в том числе и известковые сифонеи, бурые и багрянки.

Массовое отложение ила с сине-зелеными и зелеными водорослями указывает на спокойные бухты моря. Обильное развитие водорослей, отлагающих известь, свидетельствует о теплом море, где вместе с рифовыми кораллами развивались нуллипоры, сифонен.

Диатомовые водоросли отлагаются в виде диатомового ила в более или менее чистом виде в условиях незначительного привноса обломочного материала, в спокойных озерах с чистой водой, вдали от устьев рек, на морском дне, также в чистой и спокойной воде. Вспышки бурного развития диатомовых связаны часто с возникновением вулканических явлений, которые обогащают воды кремнекислотой, что проявляется даже в океанах (например, в Тихом океане у побережья Орегона и Калифорнии). Мнение о преимущественном распространении диатомовых в холодном климате и холодных водах является глубоко ошибочным. Против этого мнения свидетельствует развитие мощных диатомовых наслоений в южных странах — в Орне, Алжире, штате Виргиния, на о. Тринидаде.

Харовые водоросли дают скопления окаменевших оогониев, отлагающихся преимущественно в условиях жестких вод. Однако этот вывод прямо переносить на трохилиски невозможно.

Бурые водоросли — довольно грубые по консистенции *Fucus*, *Cistoseira* — встречаются исключительно в морских осадках, но к ним иногда могут примешиваться остатки листьев, сносимых текучими водами.

Багрянки, или красные водоросли (нуллипоры или литотамнии), обладающие известковым скелетом, наблюдаются в осадках теплых морей и поэтому могут служить в их типичных массовых проявлениях надежными показателями режима теплого климата.

Однако не всегда облик и состав растительной формации позволяет сделать непосредственные выводы о ландшафте района. Иногда с полным правом можно делать выводы, как будто бы противоречащие прямым наблюдениям. Так, в эоценовских слоях окрестностей Одессы и в Бессарабии все находимые растительные остатки представляют древесные растения, в то время как ископаемая фауна млекопитающих травоядных определенно требует ландшафта степи или лесостепи. Кажущееся противоречие происходит потому, что древесную растительность могли ошибочно принимать за растительность типичной лесной формации, на самом же деле отпечатки листьев представляют только ольху, тополь, ивы и другие растения, указывающие на ландшафт плавней, которые и дали эти остатки, тогда как повышенные пространства, несомненно, были степными или лесостепными.

Иногда даже чисто болотный комплекс растительности может скорее указывать на сухой климат, например при отсутствии среди чисто болотной растительности каких-либо элементов суходольного леса. Таковы, вероятно, нижнетриасовые флоры Западной Европы с их хвощами, игравшими роль наших камышей, в которых нет примеси форм, свидетельствующих о приносе остатков лесных форм со склонов.

Наоборот, даже при засушливом климате триаса в США факт богатого развития «ископаемых лесов» в виде окаменелых стволов указывает на то, что в той обстановке было место и для лесной растительности, остатки которой были, очевидно, снесены реками, так как на самом месте произрастания в лесах погибшие деревья быстро разлагаются на поверхности почвы и не сохраняются. Сохранение лесов на месте, в коренном залегании, происходит или в условиях быстрого погружения болотистого леса, или в условиях погребения его вулканическими выбросами.

**Определение сезона отложений.** Некоторые данные могут указывать на сезон отложения осадков, но такое заключение требует очень тонких наблюдений. Споры и пыльца, хотя и распространяющиеся преимущественно весной и ранним летом, вследствие своей подвижности и легкого проникновения в соседние осадки не могут служить вообще критерием сезона, за исключением, возможно, нахождения в ленточных глинах.

Хорошо сохранившиеся отпечатки нежных цветков (например, *Carpenteria* в Приаралье) указывают на отложение слоев весной или в начале лета (для внетропических областей). Наоборот, остатки пло-

дов отлагаются преимущественно осенью, будучи разносимы ветром, водами осенних дождей. Однако крупные, долго сохраняющиеся плоды, шишки хвойных, плоды, плавающие долго в воде, не могут служить показателями времени отложения. Хорошо сохранившиеся летучки клена или ясеня прямо указывают на их отложение летом или ранней осенью.

#### ОСТАТКИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

**Степень разнообразия органических остатков.** При сборе органических остатков внимание исследователя прежде всего останавливается на степени их видовой разнообразия или однообразия. Разнообразный видовой состав фауны свидетельствует об условиях, одинаково благоприятных для существования различных организмов. В настоящее время такие условия свойственны морской среде со сравнительно небольшими глубинами, с нормальной морской соленостью, нормальным газовым режимом и более или менее высокой температурой воды.

Однообразие фауны чаще свойственно закрытым или полужакрытым бассейнам, т. е. опресненным или осолоненным, в которых создаются условия, возможные для существования сравнительно немногих форм, наиболее устойчивых в отношении колебания солености.

В морских условиях однообразный состав фауны наблюдается обычно в так называемых банках, расположенных на отмелях. Типичным примером в современных морях являются устричные банки, отличающиеся скоплением прикрепленных друг к другу устриц и немногих других форм, в свою очередь прикрепляющихся к устрицам или всверливающих их в них.

Выводы, основанные на наблюдениях над видовым разнообразием или однообразием фауны, могут оказаться неправильными, если они не будут дополнены наблюдениями над морфологическими особенностями, сохранностью и размерами ископаемых организмов.

**Морфологические особенности.** Наблюдения над морфологическими особенностями органических остатков дают материал для решения вопроса, является ли место их нахождения в то же время и местом их прежнего обитания, или же это только место их погребения. В том случае, если морфологические признаки, при всем их разнообразии у различных форм, носят характер приспособления к одинаковым условиям среды, например к жизни в рыхлом грунте в прибрежной полосе с сильным движением воды, исследователь вправе сделать вывод о погребении найденных организмов на месте их прежнего обитания. Подчеркиваем, что при анализе морфологических особенностей необходимо иметь в виду, что те или иные организмы по-разному приспособляются к одинаковым условиям среды, а поэтому при соответствующих выводах надо исходить не из факта единообразия морфологических особенностей слагающих данную фауну форм, а из подчинения этих особенностей приспособлению к существованию в одной и той же среде.

Естественно, что чисто донные фауны, без примеси других форм, встречаются редко. Отмирая, падают на дно и могут найти здесь место своего погребения планктонные и нектонные формы, а также формы из других мест, занесенные сюда течениями и волнами. Поэтому без экологического анализа в некоторых случаях может создаться неправильное представление о разнообразии состава донной фауны, даже при его действительной бедности, с последующими отсюда неправильными выводами.

**Размеры.** Наблюдения над размерами органических остатков также дают материал для суждения о погребении фауны на месте ее обитания или за его пределами.

Неодинаковые размеры фауны, в особенности особей одних и тех же видов, чаще всего указывают на отсутствие механической сортировки

фауны водной средой, а следовательно и на отсутствие переноса фауны за пределы ее бывшего обитания. Данный вывод, однако, должен быть проконтролирован наблюдением над сохранностью и ориентировкой фауны, поскольку отсутствие сортировки в некоторых случаях может наблюдаться в скоплениях фауны, перенесенной водой, например в скоплениях ракушки, выброшенной на берег волнами различной силы.

Приблизительно одинаковые размеры разных видов фауны, и в том числе особей одних и тех же видов, могут служить указанием на сортировку, а следовательно, на перенос фауны и погребение ее вне среды ее существования (рис. 82). Однако и в данном случае одних наблюдений над размерами фауны без учета характера ее сохранности и ориентировки для выводов о переносе все же недостаточно.

Размеры организмов чаще связаны с продолжительностью вегетативного периода их жизни. Поэтому обитатели холодных морей высоких широт, где период созревания и роста в силу низкой температуры воды продолжительнее, обладают более крупными размерами, чем близкие им формы из теплых морей низких широт. Некоторые беспозвоночные Арктики и Охотского моря характеризуются крупными размерами. Здесь встречаются исполинский краб, гигантские морские ежи, поражающие своими размерами моллюски.

Размеры организмов зависят также от того, насколько благоприятны условия их существования в данной среде. У бореальных форм в субтропических морях наблюдается уменьшение размеров; равным образом измельчение свойственно тропическим видам, проникшим в бореальные воды.

Более или менее значительные изменения нормальной солености в сторону опреснения влекут за собой уменьшение размеров морских организмов.

Повышение солености выше нормальной, подобно опреснению, также вызывает уменьшение размеров морских организмов.

**Толщина оболочек.** По толщине оболочек, наряду с другими их признаками, можно судить о характере среды обитания.

Толстостенные известковые раковины прежде всего указывают на условия, благоприятные для накопления углекислого кальция, что свойственно морской среде с небольшими глубинами и сравнительно высокой температурой воды. Поэтому тропические формы, как правило, обладают более толстостенными раковинами, холодноводные же — наоборот, более тонкими. Для пресноводных и наземных организмов основным условием, благоприятным для накопления углекислого кальция, является наличие грунта, богатого известью.

Необходимость построения толстостенной раковины вызывается приспособлением животного к жизни в среде с сильными движениями воды. Такие условия свойственны прибрежной полосе, где толстостенная раковина защищает организм от ударов волн и предохраняет его своей тяжестью от передвигания волнами.

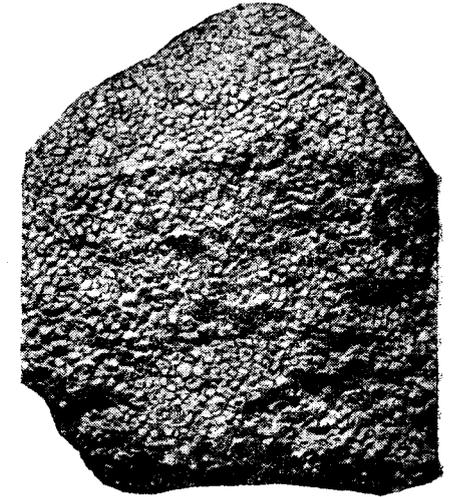


Рис. 82 Одинаковые размеры членников кривоидей, обусловленные сортировкой их в процессе длительного переноса. Верхний девон. Южный Урал

Формы, обладающие крупными и тяжелыми ввиду их массивности раковинами, могли обитать только на уплотненных грунтах.

Тонкостенные раковины свидетельствуют или о трудности извлечения из окружающей среды достаточного материала для построения толстых раковин, или об отсутствии необходимости в таких раковинах.

Планктонные организмы имеют тонкую и очень легкую раковину, которая облегчает плавание во взвешенном состоянии. Равным образом тонкая раковина свойственна донным организмам, живущим на илистых грунтах, отлагающихся в условиях спокойного состояния придонных вод.

Подобно морским организмам, пресноводные формы, живущие в текучих водах, обладают более толстостенной раковиной, обитающие же в стоячих водоемах — более тонкой.

**Скульптура.** Раковины беспозвоночных или бывают гладкие, или же обладают различной скульптурой, которая не представляет собой «украшения», а служит для укрепления прочности раковин и развивается в процессе приспособления организма к жизни в определенных условиях. Следовательно, она может служить материалом для суждений об особенностях среды обитания.

Наблюдения над современными формами показывают, что наиболее богатой скульптурой обладают раковины организмов, обитающих на поверхности грунта прибрежной полосы морей. У неглубоко зарывающихся форм скульптура нередко сохраняется на остающемся не погруженным в грунт заднем крае раковины. Подобно тому, как у форм, обитающих в спокойных водах, наблюдается уменьшение толщины оболочки, в тех же условиях происходят обеднение скульптуры и ее полное исчезновение.

Обитатели более значительных глубин моря характеризуются или совершенно гладкой раковиной, или очень тонкой скульптурой, в противоположность грубоскульптурным формам фауны мелководья. Гладкие оболочки обычно наблюдаются и у пресноводных форм.

**Степень сохранности фауны.** Это свойство может зависеть от степени разрушения отмерших организмов в процессе переноса водой, от вещества и особенностей строения скелетных образований — раковин, панцирей и т. д., а также от консервирующих свойств заключающих их осадочных пород и, наконец, от последующих деформаций и процессов выветривания. Поэтому, чтобы избежать неправильных выводов, необходимо дать некоторое представление о характере тех нарушений сохранности, которые обусловлены каждым из перечисленных факторов.

Массивные и не расчленяющиеся на составные части наружные оболочки организмов (например, панцири трилобитов) сохраняются лучше, чем тонкие и состоящие из отдельных частей; компактные формы сохраняются лучше, чем ветвистые, и т. д.

В легкопроницаемых породах органические остатки нередко выщелачиваются и сохраняются в виде ядер или только отпечатков.

В результате тектонических движений органические остатки становятся смятыми, сдавленными или растянутыми. Отдельные части раковин иногда оказываются при этом перемещенными по отношению друг к другу.

При выветривании пород раковины покрываются коркой выветривания, скульптурные элементы без каких-либо следов окатывания раковин становятся неясными, сглаженными.

При переносе сохранность органических остатков зависит от того, производился ли перенос течениями или волнами. Течения перемещают ракушку, медленно передвигая ее по дну. В результате раковины становятся потертыми, створка и отдельные части скелетных образований разрозненными, реже разбитыми, с ясно сохранившимися элементами скульптуры. Волны срывают и неоднократно перебрасывают ракушку,

ударяя ее о другие подхваченные ими предметы. В полосе прибора этот процесс может длиться в течение довольно значительного времени, и ракушка обычно бывает в значительной мере раздроблена и окатана.

Течения не связаны с определенными глубинами. Поверхностное же волнение распространяется на сравнительно ограниченную глубину, достигая в сильные бури глубины 50 и реже 100 м. Таким образом, изучение сохранности органических остатков дает некоторый критерий для суждения о глубине отложения изучаемой осадочной толщи и вместе с тем о газовом режиме придонных слоев воды данного участка бассейна, поскольку волнение, перемешивая водные массы, обуславливает их хорошую аэрацию.

Наихудшей сохранностью обладает фауна, подвергнувшаяся воздействию воды в полосе прибора. Здесь в целом виде сохраняются только наиболее толстостенные одностворчатые раковины, но и у них обычно отбиты и окатаны края, часто совершенно сглажена скульптура, образуются вмятины от ударов о гальки; более тонкие раковины и отдельные створки представлены различного размера окатанными и сглаженными обломками.

Отдельные раковины и обломки иногда покрыты известковой или железистой корочкой. Скопления такой перебитой, окатанной ракушки, перемешанной с песком и гальками, встречаются на морском побережье в виде береговых валов. Аналоги их из отложений прошлых геологических эпох представляют существенно ценный материал для установления береговой линии морей соответствующих эпох.

**Ориентировка.** Выше отмечалось, что по степени сохранности можно судить о перемещении органических остатков течениями или волнами. Решение этого вопроса облегчается дополнительными наблюдениями над ориентировкой органических остатков. При переносе течением органические остатки накапливаются там, где ослабляется несущая сила течения. Органические остатки, задерживаясь в таких местах, сохраняются в положении наибольшей устойчивости. Для отдельных створок и выпукловогнутых раковин таким положением является положение выпуклой створкой вверх.

Скопления перебитой ракушки, в результате перемещения их волнами, носят характер беспорядочного нагромождения без следов какой-либо закономерной ориентировки.

Дополняя наблюдения над сохранностью органических остатков, изучение их ориентировки имеет и самостоятельное значение, так как оно дает материал для суждения об особенностях среды формирования осадков. Так, закономерное расположение скелетных образований, имеющих удлиненную трубкообразную или цилиндрическую форму, в направлении их длинной оси, подобно сплавляемым по реке бревнам, указывает на наличие течения (рис. 83).

Беспорядочное, неориентированное расположение скелетных образований планктонных организмов, имеющих ту же удлиненную трубкообразную форму, свидетельствует о сохранении раковинами отмерших организмов того положения, которое они приняли, опустившись на дно, т. е. отмечает отсутствие сколько-нибудь значительных движений в придонных слоях воды (рис. 84).

У моллюсков после смерти животного и разложения смыкающих створки мускулов створки раскрываются и при отсутствии движений в придонных слоях воды сохраняются рядом друг с другом (рис. 85).

Сохранение скелетными образованиями прижизненного положения организмов позволяет судить, по данным их экологии, о фациальных условиях накопления осадков.

**Наблюдения над явлениями прикрепления.** Сохранение прижизненного положения отмерших организмов наблюдается у зарывающихся,

всверливающих форм, а также у форм, непосредственно прикрепляющихся к какому-либо твердому предмету путем цементации<sup>1</sup>.

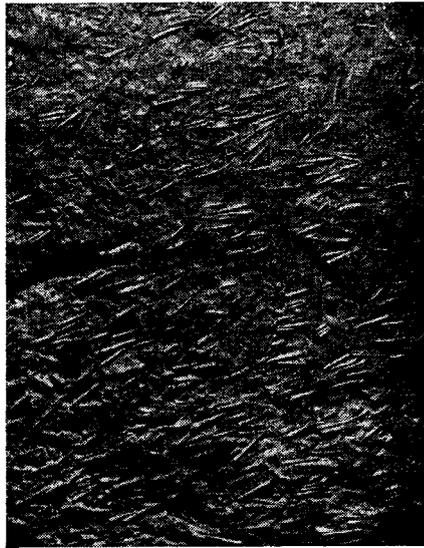


Рис. 83. Закономерная ориентировка птеропод, обусловленная течением. Верхний девон. Ленинградская область



Рис. 84. Беспорядочное расположение птеропод (следы ориентировки обнаруживаются статистическими подсчетами). Верхний девон, доманик. Южный Урал

Основой для прикрепления является или твердое дно бассейна, лишенное наносов, или предметы, приподнятые над уровнем рыхлых осадков. Дно бассейна только тогда может быть местом прикрепления организмов, если поверхность его лишена наносов, а последнее наблюдается лишь в областях морского дна с сильными донными течениями. Следовательно, нахождение скелетных образований, прикрепленных непосредственно к плоскостям напластования, позволяет делать выводы о сильных донных течениях и обусловленных ими перерывах осадконакопления (рис. 86).

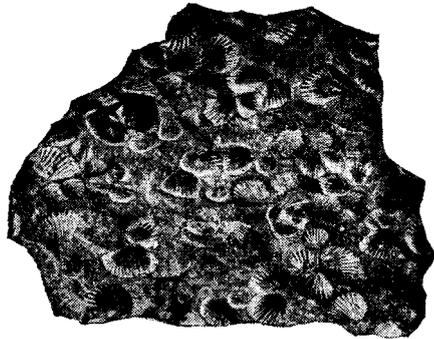


Рис. 85. Отпечатки створок раковин пластинчатожаберных, сохранившие первоначальное положение после разрушения связки. Такое расположение створок и неодинаковые размеры раковин отдельных особей свидетельствуют о спокойном состоянии придонных вод

щихся форм, которые оказались на достаточно приподнятых над уровнем рыхлых осадков предметах, будь то камни, гальки или твердые оболочки живых или отмерших организмов.

<sup>1</sup> Организмы, прикрепляющиеся с помощью органов, подверженных разложению, обычно не сохраняют того положения, которое у них было при жизни.

Существенное значение имеет решение вопроса, прикрепилась ли данная форма к твердой оболочке другого организма при его жизни или же после его смерти. В первом случае обе формы являются членами одного биоценоза и обе дают материал для фациальных реконструкций. Во втором случае подобные выводы были бы неправильны, поскольку форма, к которой прикрепился новый организм, может и не входить в состав данного биоценоза и может относиться даже к более древней геологической эпохе.



Рис. 86. Поверхность напластования с остатками прикрепленных организмов и следами сверления, свидетельствующими о перерыве осадконакопления в связи с сильными донными течениями. Верхний девон. Ленинградская область

На прикрепление к живым организмам довольно ясно указывает расположение прикрепленных форм на периферийных частях раковин, обеспечивающее лучшие условия питания подтоком воды. Бесспорным указанием на прикрепление к отмершим организмам являются находки их на внутренних сторонах створок пластинчатожаберных, внутри раковин брюхоногих и т. д.

Прикрепление форм только на одной стороне обломка свидетельствует о том, что данный обломок был ориентирован вверх именно этой стороной и что он оставался неподвижным. Этот вывод, с учетом величины и формы обломка, может служить в свою очередь материалом для суждений о степени подвижности придонных вод. Нередко сохраняются только одни прикрепленные части скелетных образований, свободные же их створки после смерти животного уносятся течением и погребаются в другом месте.

**Следы жизнедеятельности организмов.** Не только остатки скелетных образований организмов, но и следы их жизнедеятельности (следы передвижения позвоночных, следы ползания и ходы червей, следы сверления

и норки всверливающих организмов, следы прикрепления, повреждения защитных оболочек хищниками, копролиты и т. д.) представляют материал для интерпретации условий отложения заключающих их осадочных пород.

Значение наблюдений над следами жизнедеятельности заключается прежде всего в том, что, подобно находкам отпечатков бесскелетных организмов, эти наблюдения расширяют представление о составе фауны и ее богатстве.

Явления высверливания, подобно явлениям прикрепления, могут быть связаны только с твердым, скалистым побережьем, уплотненным дном или с твердыми обломками и гальками горных пород. Выводы, вытекающие из наблюдений над явлениями сверления, аналогичны отмеченным выше, при трактовке явлений прикрепления.

Следы ползания обычно сохраняются на влажных тонкозернистых грунтах. Переход их в ископаемое состояние, повидимому, зависит от того, как быстро «схватывается» данный осадок и с какой скоростью он перекрывается последующими осадками. Осадки, удовлетворяющие требованиям сохранения следов ползания беспозвоночных, встречаются как на различных глубинах разных бассейнов, так и в наземных условиях, при достаточной их влажности. Наиболее распространены следы ползания червей, имеющие вид изгибающихся мелких желобков (или соответственно низких изогнутых валиков в негативных отпечатках) с легка приподнятыми краями. Характер таких отпечатков, по мнению некоторых исследователей, может служить указанием на ползание червей под водой (края отпечатков сглажены движением воды) или в наземных условиях (следы ползания сохраняют приподнятые края).

**Сбор образцов.** Из сказанного следует, что при сборе образцов с ископаемыми остатками организмов необходимо отмечать в полевых записях ряд особенностей нахождения в породе этой фауны.

Для выводов, основанных на изучении размеров, подбираются экземпляры, позволяющие судить о величине колебаний размеров как различных представителей данной фауны, так и особой отдельных видов.

Если есть основания предполагать отсортированность органических остатков, то фауна берется вместе с породой в виде плит из нескольких точек по простиранию пласта с записями расстояний между ними.

Образцы, показывающие степень сохранности, собираются как в виде отдельных экземпляров, так и в естественной совокупности на плитах. Равным образом берутся плиты с фауной для характеристики ее ориентировки, изучения явлений прикрепления и следов жизнедеятельности. Особенно ценный материал для этих целей дает сбор с поверхностей напластования. Во всех случаях, когда фауна берется с породой, положение взятого образца в пласте отмечается указанием его верхней и нижней поверхностей. Если есть основание связывать расположение фауны с течениями, образцы ориентируют по странам света с соответствующими отметками. То же рекомендуется по отношению к образцам, взятым для иллюстрации сортировки фауны, а также по отношению к деформированным остаткам. Зная первоначальную форму деформированных окаменелостей в ориентированных образцах, можно установить направление и характер деформации исследуемых слоев.

## ЛИТЕРАТУРА

### 1. Общие вопросы

Атлас структур горных пород. Под ред. Ю. А. Половинкиной. Т. 2 (Осадочные породы), т. 3 (Метаморфические породы). Госгеолиздат, 1948.

Батулин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. АН СССР, 1948.

Бетехтин А. Г. Промышленные марганцевые руды СССР. АН СССР, 1946.

Богданов Э. Ф. Ускоренный метод микроагрегатного анализа грунтов. Изд. Лен. Гос. Унив. 1950.

Вахрушев Г. В. Пестроцветная кора выветривания на территории СССР. Т. 1. Изд. Саратовск. гос. ун-ва, Саратов, 1949.

Веденева Н. Е. и Викулова М. Ф. Метод исследования глинистых минералов с помощью красителей и его применение в литологии. Госгеолиздат, 1952.

Веселовский В. С. Испытание горючих ископаемых. Госгеолиздат, 1951.

Викулова М. Ф. Электронномикроскопическое исследование глин. Госгеолиздат, 1952.

Гейслер А. Н. О вторичных изменениях терригенных осадков (на примере угленосных отложений Донбасса). Литолог. сборник ВНИГРИ, вып. III, 1950.

Гинзбург И. И. и др. Древняя кора выветривания на ультраосновных породах Урала. Ч. 1 и 2. Тр. ИГН АН СССР, вып. 80 и 81, 1947.

Губкин И. М. Учение о нефти. ОНТИ, 1937.

Жемчужников Ю. А. Общая геология каустобиолитов. 2-е изд. Углетехиздат, 1948.

Жердеева А. Н. Атлас шлиховых минералов. Тр. ВИМС, вып. 166, 1941.

Заварицкий А. Н. Введение в петрографию осадочных горных пород. ГНТИ, 1932.

Исаков П. М. Качественный анализ руд и минералов методом растирания порошков. Госгеолиздат, 1953.

Казаков А. В. Фосфоритные фации. Тр. Н.-иссл. инст. по удобрениям и инсектофунгицидам, вып. 145, 1939.

К вопросу о состоянии науки об осадочных породах. Сб. статей к литолог. дискуссии. Л. В. Пустовалов, Н. М. Страхов и др. АН СССР, 1950.

Кротов Б. П. К вопросу о методике петрологических исследований в областях развития осадочных пород. Зап. Всеросс. минерал. общ., 2-я серия, ч. 65, вып. 1, 1936.

Ли П. Ф. Об очередных задачах и методике литологических исследований угленосных отложений. Сов. геология, сб. 38, 1949.

Литологический сборник ЦНИГРИ. Вып. 1. 1939.

Литологические сборники, вып. I, II и III (1948—1950). Гостоптехиздат.

Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. Госгеолиздат, 1952.

Малютин В. Л., Разумовский Н. К. и Хабаров А. В. Терминология некоторых свойств и условные обозначения осадочных горных пород. Зап. Росс. минерал. общ., 2-я серия, ч. 46, вып. 2, 1931.

Маслов В. П. Атлас карбонатных пород. Ч. 1 (Породообразующие организмы). ОНТИ, 1937.

Наливкин Д. В. Учение о фациях. ГНТИ, 1933.

Новожилов В. И. Методы изготовления пленочных монолитов. Зап. Лен. горн. инст., т. 25, вып. 2, 1951.

Оценка месторождений при поисках и разведках. Вып. 3 (Формовочные пески), вып. 5 (Уголь), вып. 9 (Известняки), вып. 10 (Бокситы), вып. 11 (Каолин), вып. 13 (Огнеупорные глины). Госгеолиздат, 1949—1952.

Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород. Т. I—II. ОНТИ, 1950.

Рухин Л. Б. Основы литологии. (Учение об осадочных породах). Гостоптехиздат, 1953.

Смольянинов Н. А. и Синегуб Е. С. Определитель гипергенных минералов. Госгеолиздат, 1950.

Совещание по осадочным породам. Доклады. Вып. 1 и 2. Изд. АН СССР, 1952—1953.

Справочник путешественника и краеведа. Т. II, гл. XVII и XIX. Географгиз, 1950.  
Спутник полевого геолога-нефтяника. Под ред. Н. Б. Вассоевича. Гостоптехиздат, 1952.

Страхов Н. М. Железородные фации и их аналоги в истории Земли. Тр. ИГН АН СССР, вып. 73, геол. серия, № 22, 1947.

Страхов Н. М. Известково-доломитовые фации современных и древних водоемов. Тр. ИГН АН СССР, вып. 124, геол. серия, № 45, 1951.

Татарский В. Б. Литология нефтеносных карбонатных пород Средней Азии. Тр. Нефт. геол.-разв. инст., сер. А, вып. 112, 1939.

Теодорович Г. И. Литология карбонатных пород палеозоя Урало-Волжской области. Тр. Инст. нефти АН СССР, 1950.

Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 1—64. Госгеолиздат, 1946—1951.

Шанцер Е. В. Аллювий равнинных рек умеренной пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. Тр. ИГН АН СССР, вып. 135, геол. серия, № 55, 1951.

Швецов М. С. Петрография осадочных пород. Госгеолиздат, 1948.

Шрок Р. Последовательность в свитах слоистых пород. Изд-во иностр. лит., 1950.

## II. Окраска осадочных пород

- Гейслер А. Н. К вопросу об окраске пестроцветных отложений. Зап. Всес. минерал. общ., ч. 78, вып. 2, 1949.
- Данчев В. И. Опыт литологического изучения нижней части отложений татарского яруса Казанского Поволжья. Тр. ИГН АН СССР, вып. 87, геол. серия, № 25, 1947.
- Попов И. В. Характеристика цвета пород по шкале В. Оствальда. Сб. «Гидрогеол. и инж. геол.» № 1, 1935.
- Ферсман А. Е. Цвета минералов. АН СССР, 1936.

## III. Слоистость

- Апродов В. А. Микрослоистость пермских мергелей в р-не В. Чусовских городков. Сов. геология, сб. 40, 1949.
- Ботвинкина Л. Н. О классификации различных типов слоистости. Изв. АН СССР, серия геол., № 5, 1950.
- Вассоевич Н. Б. Флиш и методика его изучения. Гостоптехиздат, 1948.
- Вассоевич Н. Б. Слоистость в свете учения об осадочной дифференциации. Изв. АН СССР, серия геол., № 5, 1950.
- Жемчужников Ю. А. Угленосная толща и методика ее изучения. Зап. Лен. горн. инст., т. 25, вып. 2, 1951.
- Косая слоистость и ее геологическая интерпретация. Сборник под ред. Ю. А. Жемчужникова. Тр. ВИМС, вып. 163, 1940.
- Кузьмин А. М. Слой и наслоение. Тр. Горн.-геол. инст. Зап.-Сиб. филиала АН СССР, вып. II, 1950.
- Миропольский Л. М. О микрослоистости среди отложений татарского яруса. Матер. к познанию геол. строения СССР. МОИП. Материалы по литологии, нов. серия, вып. 3 (7), 1946.
- Теодорович Г. И. Микрослоистые известняки на Ю. Урале. Докл. АН СССР, нов. серия, т. 3, № 8, 1941.
- Хабаков А. В. Косая слоистость осадочных толщ как показатель условий их образования. Природа, № 4, 1951.
- Шостакович В. Б. Слоистые иловые отложения и некоторые вопросы геологии. Изв. ВГО, т. 73, вып. 3, 1941.
- Шостакович В. Б. Опыт геохронологического анализа иловых отложений Малинового озера в связи с поднятием побережья Белого моря. Изв. ВГО, т. 76, вып. 4, 1944.

## IV. Наблюдения над поверхностями напластования

- Вассоевич Н. Б. О малоизвестных признаках для распознавания опрокинутого залегания от нормального. Новости нефт. геологии, № 7 (17), 1935.
- Вишняков С. Г., Геккер Р. Ф. Следы размыва и внутрипластовые нарушения в глауконитовых известняках нижнего силура Ленинградской области. Сборник в честь Н. Ф. Погребова. ОНТИ, 1937.

## V. Анализ ориентировки частиц

- Даргевич В. А. Ориентировка галек флювиогляциальных отложений Шапки-Жирсинского р-на Ленинградской области. Вестник Лен. ун-ва, № 8, 1949.
- Хабаков А. В. Динамическая палеогеография, ее задачи и возможности. Тр. II съезда географов, т. II, 1948.

## VI. Анализ ритмичности строения разрезов

- Вассоевич Н. Б. К методике геологических исследований областей развития флишевых отложений. Тр. по нефт. геологии, АзНИИ, Баку, 1939.
- Вассоевич Н. Б. и Гроссгейм В. А. Ритмичность флишевых отложений и использование ее в практике геол. исследований. Азербайдж. нефт. хоз-во, № 5, 1938.
- Жемчужников Ю. А. Угленосная толща и методика ее изучения. Зап. Лен. горн. инст., т. 25, вып. 2, 1951.
- Марков К. К. Изучение ленточных глин с геохронологической точки зрения. Природа, № 9, 1927.
- Ульмер Л. Э. К вопросу о стратиграфии и генезисе осадков нижнего карбона «Сталинно-Донецкого р-на. Пробл. сов. геологии, № 2, 1938.

## VII. Измерение и анализ мощности

- Ажгирей Г. Д. Об основных геотектонических выводах В. В. Белоусова и Э. Е. Хаина. Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1952.

Белоусов В. В. Большой Кавказ. Тр. ЦНИГРИ, вып. 108, 121, 126, 1938—1940.

Белоусов В. В. Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры. Сов. геология, сб. 2, 3, 1940.

Келлер Б. М. О значении мощностей при тектонических построениях. Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1948.

Ливанов В. К. К вопросу о механизме складкообразования. Пробл. сов. геологии, № 12, 1935.

Ронов А. Б. История осадконакопления и колебательных движений Европейской части СССР (по данным объемного метода). Тр. Геофиз. инст. АН СССР, № 3(130), 1949.

Шкала геологического времени и возраст минералов (по новейшим определениям). Справочник химика, т. I, Госхимиздат, 1951, стр. 295—299.

Щербakov Д. И. Шкала геологического времени. «Природа», № 7, 1952, стр. 90—91.

## VIII. Несогласия. Явления подводных оползней в отложениях

Богданов А. А. Несогласия. Методика и значение их изучения. Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1949.

Вассоевич Н. Б. и Коротков С. Т. К познанию явлений крупных подводных оползней в олигоценовую эпоху на Сев. Кавказе. Тр. ВНИГРИ, серия А, вып. 92, 1935.

Иванов А. А. Явления подводных оползней в отложениях артинского яруса. Изв. ГГРУ, вып. 36, 1931.

Хабаков А. В. Древние оползневые нарушения артинских слоев на Среднем Урале. Докл. АН СССР, нов. серия, т. 61, № 6, 1948.

## IX. Палеоэкологические наблюдения

Геккер Р. Ф. Положения и инструкция для исследований по палеоэкологии. ОНТИ, 1933.

Геккер Р. Ф. Палеоэкология нижнего карбона. Тр. Палеонт. инст., т. 9, вып. 9, 1940.

Геккер Р. Ф. Явления прирастания и прикрепления среди верхнедевонской фауны и флоры Главного поля. Тр. Палеозоол. инст. АН СССР, т. 4, 1935.

Ефремов И. А. Тафономия и геологическая летопись. Тр. Палеонт. инст. АН СССР, т. XXIV, 1950.

Зернов С. А. Общая гидробиология. Госиздат, 1949.

Иванова Е. Н. Условия существования, образ жизни и история развития некоторых брахиопод среднего и верхнего карбона Подмосквонной котловины. Тр. Палеонт. инст. АН СССР, т. XXI, 1949.

Криштофович А. Н. Форма сохранения растительных остатков и ее значение для проблем углеобразования. Изв. АН СССР, № 2, 1945.

## ГЛАВА VII

# НАБЛЮДЕНИЯ В ОБЛАСТЯХ РАЗВИТИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

## ИНТРУЗИВНЫЕ ПОРОДЫ

### ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ

Изучение горных пород, слагающих интрузивы, имеет первостепенное значение для решения вопросов о геологическом строении и геологической истории исследуемой области, а также, что особенно важно, для оценки перспектив и возможности обнаружения связанных с магматическими телами полезных ископаемых.

При геологической съемке особое внимание следует уделять участкам, на которых можно изучить взаимоотношение различных пород, слагающих интрузивы. В одних случаях горные породы интрузива имеют крупнозернистое сложение и петрографический состав всех участков массива более или менее одинаков. В других случаях наблюдается пестрый состав пород, и тогда особо важное значение приобретает изучение их взаимоотношений. На границах разнородных участков должны быть составлены детальные разрезы и собраны подробные серии образцов. Не менее важно структурное изучение участков, сложенных различными породами; различное расположение структурного блока<sup>1</sup> на соседних участках служит указанием на одновременное их возникновение.

Крупнозернистые, выдержанные на большие расстояния текстуры горных пород, слагающих интрузив, служат указанием на глубинный его характер. Мелкозернистые и порфиоровидные текстуры, наличие частых переходов одних пород в другие, пестрый петрографический состав пород служат указанием на меньшую глубину его образования.

Верное и точное определение горной породы в поле имеет решающее значение для точности картирования и для выяснения соотношений между интрузивными образованиями. При этом особенно важно подчеркнуть, что геолог должен научиться правильно опознавать различные типы горных пород изучаемого района и в течение полевого сезона называть их однозначно. Не столь велика беда, если произошла ошибка в полевом наименовании какой-либо породы, но плохо, если геолог смешивает между собой различные типы горных пород или одну и ту же в разное время называет различными именами. Если точное определение горной породы в поле затруднительно, необходимо брать больше образцов, иначе ошибки полевого определения трудно исправить при камеральной обработке.

<sup>1</sup> Понятие о структурном блоке будет дано на стр. 178.

Для развития навыка определения пород простым глазом или под лупой следует практиковаться в одновременном просмотре образцов и шлифов, обращая внимание на то, как во внешнем облике породы отражаются ее особенности, видимые под микроскопом. Макроскопическое определение горных пород по существу основано на тех же признаках, что и микроскопическое, а именно на определении минерального состава и структуры.

**Определение порообразующих минералов без микроскопа.** Полевые шпаты отличаются от других бесцветных минералов (кварца и нефелина) совершенной спайностью. В изломе они дают блестящие гладкие площадки, в то время как кварц и нефелин — неровный или раковинчатый излом. Однако соскритизированные плагиоклазы основных пород дают ровный фарфоровидный излом. Плагиоклазы можно отличить по их полисинтетически-двойниковому строению, которое под лупой распознается следующим образом: наклоняя в разные стороны штупф породы, улавливают момент, когда зерно полевого шпата распадается на ряд параллельных полосок, из которых одни кажутся матовыми или более темными, другие — блестящими или более светлыми. У плагиоклаза при этом бывает видно несколько полосок, зерна же калишпатов могут распадаться только на две части. Калишпаты в хорошую лупу можно отличить от плагиоклазов также по их пертитовому строению: в пертитовом калишпате при некотором определенном наклоне блестящей поверхности спайности можно обнаружить на ней правильные или неправильные мелкие включения мутного плагиоклаза.

В огромном большинстве случаев мутные плагиоклазы бывают зеленовато-белые или белые и реже темные, иногда почти черные, а ортоклазы — красные, буровато-желтые, светлорубые или бурые. Но альбиты нередко бывают окрашены в розовые и красные тона.

Кварц обычно легко различим по своему излому, блеску и прозрачности. В гранитных породах он нередко бывает серым и даже черным. В сильно смятых породах кварц теряет свой стеклянный вид, делается белым и матовым, так что он не всегда отличим в таких породах от полевого шпата.

Нефелин, в противоположность кварцу, никогда не дает резкого раковинчатого излома. Он имеет меньшую, чем кварц, твердость (5,5—6) и легко выветривается.

Из темноцветных минералов легче всего отличить от остальных темную слюду. От ее пластинок, обычно бурых или черных, иногда с бронзовым оттенком, кончиком ножа легко отковыриваются тонкие гибкие, режущиеся ножом пластинки.

Оливин, важный минерал перидотитов и некоторых осадочных пород, далеко не всегда можно отличить даже при помощи лупы. Он имеет такой же неровный раковинчатый излом, как и кварц, но окрашен в оливково-зеленый, желто-зеленый или черный цвет. Оливин легко выветривается и окисляется и тогда выступает на поверхности породы в виде красноватых ржавых пятен. Другой важной особенностью оливина является его озмеевикование с возникновением петельчатой структуры. Последняя обычно хорошо заметна под лупой в осветленной корочке выветривания. В ячейках петель может сохраниться оливин, заметный по своему жирному блеску и большей твердости по сравнению с серпентином.

Пироксен и роговая обманка легко отличаются от биотита по большей твердости, а от оливина — по присутствию спайности. Отличить же их друг от друга можно далеко не всегда, даже под лупой. Для обоих минералов характерны блестящие и ровные спайные изломы, причем у пироксенов трещины спайности пересекаются под прямым углом, а у роговых обманок — под косым около 60°. Роговые обманки часто бывают столбчатыми с шестиугольным или ромбическим поперечным се-

чением и имеют зеленовато-черный или черный цвет; столбики пироксена короткие, с восьмиугольным или квадратным поперечным разрезом, темнозеленые или бурые, иногда с металлическим блеском.

Уралит — волокнистый амфибол, образующий псевдоморфозы по пироксену — обычно хорошо распознается под лупой: он имеет темнозеленый цвет и тонковолокнистое, заметное в лупу строение.

**Различение главных интрузивных пород.** Граниты и сиениты представляют собой светлоокрашенные, с существенным количеством калиевых полевых шпатов породы красного, серовато-белого, редко, в измененных разностях, зеленовато-белого цвета, с небольшим (не более 10%) количеством темноцветных минералов. Различаются между собой по количеству кварца: в сиенитах его нет, а в гранитах не менее 20%.

Гранодиориты часто хорошо отличимы от гранитов по присутствию двух типов полевых шпатов, из которых один — плагиоклаз — окрашен в беловатые или светлые зеленовато-серые цвета и образует более или менее правильные таблицы, а второй — калишпат — розоватый, буроватый или желтоватый и отчетливо ксеноморфен к первому. Кварца в гранодиоритах меньше, около 20—15%, а темноцветных минералов 10—15%.

Если в подобной гранитоидной породе из полевых шпатов содержатся только плагиоклазы (светлоокрашенные, часто зеленовато-белые), то такую породу следует отнести к кварцевым диоритам.

Диориты содержат обычно не менее 15—20% темноцветных минералов, среди которых находятся зеленовато-черные призмочки роговой обманки и темнубурые листочки биотита. Общая окраска породы темная или пестрая благодаря полевым шпатам, которые почти всегда светлые или зеленоватые. В отличие от кварцевых диоритов, в диоритах кварца нет или почти нет.

Габбро — обычно темные породы, состоящие из основного плагиоклаза и пироксена. Последний нередко с металлоидным блеском. Развитие на пироксене темных каемок говорит об амфиболизации. Широко распространены также роговообманковые, амфиболизированные и уралитизированные габбро. В уралитовых габбро плагиоклаз нередко прорастает волокнами уралита и приобретает зеленую окраску. Количество цветных минералов в габбро обычно около 40—50%, т. е. в два-три раза больше, чем в диоритах. Кроме того, габбро от диоритов отличается габбровой структурой, характеризующейся более или менее изометрическими очертаниями главных породообразующих минералов и отсутствием ясного идиоморфизма цветного минерала.

Нефелиновые сиениты отличаются от сиенитов присутствием нефелина. Последний легко подвергается выветриванию, и тогда поверхность нефелиновых сиенитов, покрываясь углублениями, становится ячеистой.

Для ультраосновных горных пород общим признаком является отсутствие полевых шпатов и фельдшпатидов.

Горнблендиты и пироксениты сложены кристаллическими, с хорошо выраженной спайностью, зернами роговой обманки (горнблендиты) или пироксена (пироксениты). Цвет горнблендитов обычно более темный — зеленовато-черный до черного. Пироксениты обычно зеленоватые и темносерые; по плоскости спайности пироксен часто имеет металлический блеск.

В оливиновых породах не обнаруживается спайных плоскостей. Цвет их в свежем состоянии — от черного в гортонолитовых дунитах до серозеленого и даже светлозеленого. Однако гораздо чаще встречаются серпентинизированные перидотиты или возникшие из них серпентиниты.

**Изучение контактовых ареалов.** Наряду с наблюдением и изучением самих изверженных пород как вещественных единиц, важнейшей полевой работой является прослеживание контактов и исследование контактовых ареалов. Последнее особенно важно, так как с контактными зонами обычно связаны месторождения разнообразных полезных ископае-

мых. Прослеживание контактов дает возможность решить вопрос о форме залегания изверженного тела и о его возрасте.

Если при исследовании контакта окажется, что изверженная порода: 1) содержит обломки измененных осадочных (или изверженных) пород, распространенных в окрестностях; 2) посылает апофизы во вмещающие породы или 3) изменяет вмещающие породы, причем степень этого изменения постепенно убывает при удалении от контакта, то в этом случае твердо можно говорить о так называемом интрузивном контакте и о более молодом возрасте интрузии по сравнению с возрастом окружающих пород. Если же изверженная порода не оказывает никакого воздействия на соседние толщи, а последние представляют собой продукты разрушения изверженной породы и содержат ее обломки, то это — аркозовый контакт, который дает указание на более древний возраст интрузии, чем возраст окружающих ее осадочных образований.

Геологический возраст интрузии определяется наиболее точно, если твердо установлены возраст самых молодых осадочных толщ, прорываемых этой интрузией, а также возраст наиболее древних пород, залегающих на размытой поверхности данной интрузии. О возможностях определения абсолютного возраста интрузий будет сказано дальше.

В случае интрузивного контакта необходимо выяснить мощность контактовой зоны по периферии массива (эндоконтактовая зона), а также мощность экзоконтактовой зоны. В контактовых зонах необходимо производить наиболее детальный сбор образцов для иллюстрации постепенных изменений пород интрузии по мере приближения к контакту с вмещающими породами, степени и характера изменений последних. В экзоконтакте необходимо собрать серии образцов, иллюстрирующих постепенные переходы от неизмененных вмещающих пород до глубоко измененных под влиянием контактового метаморфизма<sup>1</sup>. Сравнение мощности экзоконтактовых зон в различных местах контакта иногда обнаруживает, что различные вмещающие породы в различной степени подвергаются контактовым изменениям и что мощности экзоконтактовых зон различны.

То же самое можно сказать и об эндоконтактовых зонах. В одних случаях мощность и характер эндоконтактовых изменений сохраняются на всем протяжении контактовой зоны, в других, наоборот, они различны на различных участках контакта интрузива. Наблюдения над строением интрузивного тела в его приконтактовых зонах могут выяснить причины различной мощности контактовых ареалов в разных местах тела. В наклонных и горизонтальных телах мощность и характер контактовых ареалов в лежачем и висячем боках бывают неодинаковы. В асимметричных интрузивах, т. е. таких, стенки которых имеют разный наклон в отдельных его участках, мощность и характер контактовых ареалов также бывают различными.

Интересные результаты для познания механизма интрузии могут быть получены при сравнении структуры эндоконтактовых ее участков со структурой экзоконтактовых зон, а также со структурой неизмененных участков вмещающих пород, удаленных от контакта. Иногда во вмещающих породах у контакта с интрузией появляются под влиянием механического воздействия ее своеобразные структурные особенности, отсутствующие во вмещающих породах вдали от контакта. В других случаях вдоль контакта с вмещающими породами в интрузиве наблюдается зона своеобразных краевых гнейсов, параллельная поверхности контакта. Параллельно краевым гнейсам во вмещающих породах появляется обычно зона рассланцованных или огнейсованных роговиков. Зоны огнейсованных пород могут отсутствовать, зато в экзоконтакте появляется

<sup>1</sup> Более подробно об изучении контактовых явлений в связи с орудением (скарновые образования и др.), а также о продуктах гидротермальных изменений пород сказано в главе IX.

система трещин отдельности, одинаковых с трещинами отдельности в интрузиве.

В некоторых случаях резко бросается в глаза неравномерное распределение даек в краевых и центральных участках интрузивного тела. То же самое в еще более резкой форме проявляется по отношению к жилам, которые преимущественно располагаются в приконтактных участках. Ввиду их частой рудоносности они должны быть тщательно изучены.

Как уже упоминалось выше, в круто наклоненных приконтактных зонах иногда наблюдаются своеобразные краевые трещины, захватывающие как интрузивные тела, так и вмещающие породы и наклоненные внутрь массива под углами от 20 до 55°. Краевые трещины сопровождаются появлением кварцевых жил, нередко несущих признаки оруденения и являющихся рудными жилами.

**Изучение изменения петрографических ассоциаций пород.** Изучение серий пород, слагающих интрузивные тела, представляет не менее важную и сложную задачу геологической съемки. Такое изучение начинается с установления границ, т. е. с оконтуривания участков распространения различных пород внутри массива; затем изучаются и сопоставляются между собой структуры таких участков. Конечная цель изучения — решение вопроса о генезисе различных пород.

Образование пород различного петрографического состава внутри интрузивного тела может происходить разными путями, из которых в качестве наиболее важных перечислим следующие:

1. Разнообразие горных пород может возникнуть вследствие процессов дифференциации на месте, т. е. в самом теле интрузива. Примером такого рода процессов может служить процесс первичного расслаивания, в результате которого одновременно возникают слои течения различного состава. Замечательной особенностью расслаивания является близкое родство минералов, входящих в различных количествах в состав различных полос. Таким же способом происходит образование шлиров.

В результате дифференциации, происходящей внутри интрузива, могут возникать краевые (приконтактные) пояса, сложенные более основными породами; последние оконтуриваются на карте и изображаются в разрезах. Внутренняя структура таких поясов сравнивается со структурой центральных частей интрузивного тела. При изучении процессов дифференциации этого типа составляются детальные разрезы, сопоставляются разрезы в различных местах. Особенно детально изучаются участки с признаками оруденения. При картировании необходимо выделять и оконтуривать участки различных ассоциаций полосатых пород и сравнивать их структуру, чтобы иметь возможность установить или отвергнуть многофазность образования интрузивного тела и слагающих его различных пород.

2. Разнообразие горных пород может быть следствием процесса метасоматоза. Метасоматоз, вызванный действием флюидной фазы, сосредоточивается то в краевых частях интрузива, то около отдельных трещин или систем трещин, или же вдоль полосатости, или, наконец, независимо от трещин.

При детальном изучении участков, подвергшихся метасоматическому изменению, необходимо собрать подробный материал для анализа минералов и пород и установить закономерности пространственной приуроченности этих изменений к тем или иным структурным элементам.

3. Разнообразие горных пород может быть также обусловлено неоднократным притоком различной по составу магмы в пространство, теперь занимаемое интрузивным телом. В этом случае образование различного состава магм происходило на глубине (глубинная дифференциация). Такие сложные интрузии образуют не только большие интрузии, но и малые, и наблюдаются в ряде трещинных интрузий и даек.

В этом случае особо важное значение имеет структурный анализ отдельных комплексов, образующих сложный интрузив. Можно наметить два типа соотношений двух контактирующих комплексов: 1) интрузия молодой фазы прорывает несогласно интрузию предшествующей фазы; 2) интрузия молодой фазы внедряется согласно в более древнюю.

Во втором случае при согласном (гармоничном) соотношении внутренней структуры двух интрузий обращается внимание на следующие доказательства разновозрастности интрузий: 1) уменьшение размера зерен по мере приближения к контакту в породах более молодой интрузии; 2) возникновение флюидальных структур, параллельных контакту; 3) ксенолиты более древней породы в более молодой; 4) апофизы более молодой интрузии в относительно древнюю.

4. Разнообразие горных пород в интрузиве может быть, наконец, обусловлено ассимиляцией: 1) возникшей в краевых частях интрузии; 2) приуроченной к кровле интрузии; 3) регионально распространенной во всем интрузиве.

Ассимиляция в одних случаях проявляется преимущественно по определенным направлениям (по сланцеватости, вдоль трещин отдельности и т. п.), в других случаях — главным образом около стенок интрузии, иногда с образованием эруптивных брекчий.

Региональное проявление процессов ассимиляции и инъекции приводит к образованию смешанных пород (инъекционных гнейсов, мигматов), возникающих на большой глубине. Такие области проявления процессов ассимиляции и инъекции наносятся на карту, для них составляются геологические разрезы и детальные зарисовки.

#### СТРУКТУРНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИНТРУЗИВНЫХ МАССИВОВ

Изучение только одного вещественного состава интрузивных массивов, как бы оно детально ни производилось, не может удовлетворить геолога. Для характеристики соотношений с вмещающими породами, а также для выяснения особенностей внутреннего строения интрузивного массива необходимы полевые наблюдения на основе современных методов структурного анализа.

Необходимость структурного изучения интрузивных массивов диктуется требованиями современного геологического картирования по следующим причинам:

1. Рудопроявления часто приурочены к тем или иным структурным элементам или внутри интрузивного массива, или вне массива, но генетически связанным с интрузией. В таких случаях структурный анализ способствует успеху поисков.

2. Структурный анализ позволяет разрешать вопросы о внутреннем устройстве интрузивного массива, об его форме, отношении его строения к строению вмещающей среды.

До сих пор среди геологов широко распространено мнение, что структурный анализ интрузивных массивов является методом, который можно применять только при картировании в очень крупных масштабах, в тех случаях, когда ставятся специальные петрологические исследования. Такое мнение ошибочно. Структурное изучение интрузивных массивов можно и нужно производить при геологической съемке в масштабе 1 : 200 000, а при съемке в масштабе 1 : 50 000 оно должно носить систематический характер. Кроме того, необходимо иметь в виду, что интрузивные массивы с хорошо выраженными структурными элементами встречаются очень часто и поэтому область применения структурного анализа очень широка.

В основу методики структурного анализа положена важная особенность интрузивных тел, выражающаяся в определенной закономерности расположения в пространстве структурных элементов, возникших

в различные фазы жизни интрузии — в фазу течения (когда внедряющаяся магма еще жидкая или пластичная) и в фазу разломов (когда интрузия отвердевает).

Характер движения участка земной коры, в который внедряется интрузия, и движений самой интрузирующей магмы определяет особенности внутреннего строения массива. Разнообразие и структурные особенности интрузивов возникают вследствие сложных взаимоотношений их внутренних сил, а также и внешних сил со стороны вмещающих пород, которые в различных случаях ведут себя то активно, то пассивно. Точно так же и



Рис. 87. Разрез расслоенной интрузии

1—гортонолититы; 2—перидотиты; 3—пироксениты; 4—габбро; 5—акериты

сама интрузия в одних случаях бывает активной, в других — пассивной. В интрузивных массивах различают первичные структурные элементы (полосатость, линейность, первичные трещины) и вторичные, наложенные структурные элементы.

**Полосатые текстуры течения.** Первичные полосатые текстуры характеризуются послойным чередованием пород различного состава или чередованием меланократовых и лейкократовых пород. В одних случаях состав пород варьирует в широких пределах (рис. 87), в других — полосы состоят из одной и той же породы с различным содержанием цветных

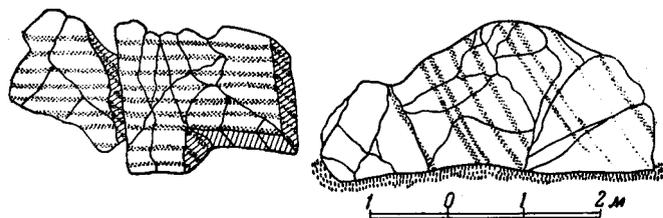


Рис. 88. Слева полосатая текстура габбро-перидотитов (светлое—габбро, темные полосы — перидотиты). Справа — полосатая текстура акеритов (светлое), пироксенитов и перидотитов (темные полосы)

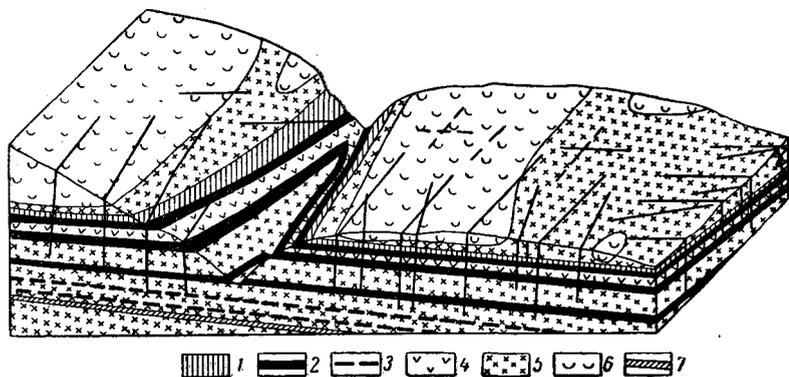


Рис. 89. Блок-диаграмма участка интрузива с полосатым строением.

По Золотарю

1—уртиты; 2—лопаритовые лувяриты; 3—мезократовые лувяриты; 4—лейкократовые лувяриты; 5—фойяиты; 6—порфириовидные мелкозернистые нефелиновые сиениты; 7—лувяриты со сфеном

минералов. Мощность полос колеблется в пределах от нескольких миллиметров до нескольких десятков и сотен метров.

Первичная полосатость иногда бывает выражена очень резко (рис. 88). На рис. 89 изображена блок-диаграмма участка отчетливо полосатых пород интрузива, составленная с учетом рельефа местности.

Первичная расслоенность может также характеризоваться плоско-параллельным расположением таблитчатых минералов, чаще всего полевых шпатов, обусловливающим трахитоидные текстуры. Примером трахитоидных текстур могут служить текстуры нефелиновых сиенитов (рис. 90) Кольского полуострова. Такие же текстуры наблюдаются в анортозитах Волыни и в других породах.

Первичная полосатость, наблюдаемая в породах разнообразного состава, наиболее часто и наиболее резко выражена в основных и ультраосновных породах. Особо отчетливая трахитоидность наблюдается в щелочных породах. Замечательной особенностью первично-полосчатых текстур являются одинаковые свойства минералов пород из различных полос. Другая особенность заключается в согласном залегании различных полос, проявляющемся в том, что при изгибании одной полосы согласно

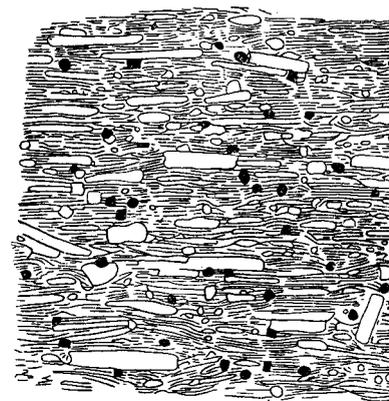


Рис. 90. Трахитоидность пород. Увеличено в 1 1/2 раза

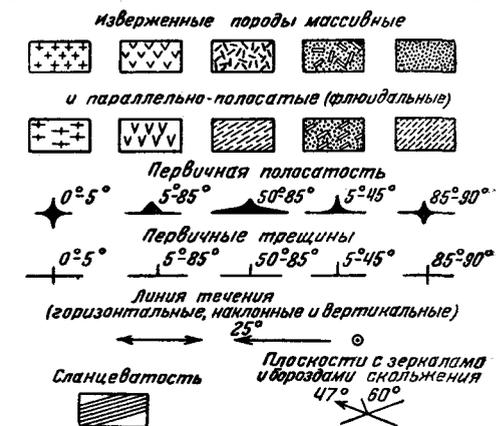


Рис. 91. Условные обозначения на геологических картах и разрезах

с ней изгибаются и соседние полосы. Если к этому добавить, что между соседними полосами нередко наблюдаются постепенные переходы, то все это заставляет отбросить предположение о разновозрастности различных полос (слоев течения).

В зависимости от структуры интрузива первичная полосатость и трахитоидность в различных случаях могут занимать различное положение: горизонтальное, наклонное, вертикальное.

Внешнее сходство первично-расслоенных пород интрузива со слоистыми осадочными породами позволяет с пользой применять для изучения структуры интрузива те же приемы, что и для осадочных толщ. Структура первично-расслоенного массива наиболее хорошо видна на разрезах вкрест простирания полосатости. Составление разрезов первично-полосатых интрузивов — один из важнейших приемов их изучения.

Не менее важно изучение пространственного расположения первичной полосатости и трахитоидности. Результаты наблюдений над залеганием первичной полосатости наносятся на геологическую карту в виде особых значков (рис. 91).

Полосатость в интрузивах может проявляться различно. Встречаются интрузии, в которых первичная расслоенность повсеместно хорошо выражена; однако чаще встречаются интрузии, в которых расслоенными оказываются лишь краевые части, и, наконец, бывают бесструктурные интрузии, в которых структуры течения отсутствуют. В последнем случае не наблюдается и закономерной системы первичных трещин.

**Линейные текстуры течения.** Параллельно-линейные текстуры течения характеризуются параллельным расположением игольчатых, удлиненно-призматических и таблитчатых кристаллов, шлиров и ксенолитов.

Параллельно-линейная текстура обнаруживается не только в породах, содержащих игольчатые или призматические минералы, но нередко хорошо видна и в породах с изометрически-зернистым сложением. В таких случаях линейная текстура выражается в параллельно-линейном расположении шлировых скоплений (рис. 92). Шлиры имеют форму лент, полос, линз и называются ленточными, полосатыми и линзовидными шлирами. Минералы, слагающие шлиры, могут быть различного состава: слюда, роговая обманка, пироксен, полевые шпаты, кварц и др. Иногда в породе видно несколько систем шлиров, пересекающих одна другую.

В таких случаях можно судить о различных по времени направлениях течения.

В том случае, когда в породах видны следы течения, линейно ориентированное расположение приобретают не только отдельные минералы, но и ксенолиты вмещающих пород, которые своими длинными осями располагаются вдоль направления течения. Различные случаи линейности изображены на рис. 92 сверху.

Линейность, подобно первичной полосатости, может занимать различное положение в пространстве: горизонтальное, вертикальное, наклонное. В случаях, когда и полосатость, и линейность выражены очень отчетливо, линейность располагается параллельно первичной полосатости. Положение линейности в пространстве измеряется горным компасом и наносится на геологическую карту в виде толстых жирных стрелок. Если одновременно наблюдаются первичная полосатость и линейность, то на карту они наносятся одновременно. Различные соотношения между первичной полосатостью и линейностью (линиями течения) изображены на рис. 93.

Возникновение первичной полосатости и линейности объясняется следующим образом. В период формирования интрузива магма в течение некоторого промежутка времени находится в таком состоянии, когда одновременно существуют жидкая магма и выделившиеся из магмы твердые кристаллы. При движении такой суспензии твердые составные части ее, согласно законам гидромеханики, приобретают ориентированное расположение в пространстве. В результате движения, вследствие трения о стенки вмещающих пород и внутреннего трения суспензии, возникает анизотропия (т. е. закономерно ориентированное расположение составных элементов) как в строении горных пород, так и в строении интрузива в целом.

Первичная полосатость располагается параллельно поверхности контакта. Линии течения всегда совпадают с направлением максимального растяжения магматических масс в период течения. Линейность располагается или параллельно направлению течения, или перпендикулярно по отношению к нему.

Параллельно-линейная текстура обнаруживается не только в породах, содержащих игольчатые или призматические минералы, но нередко хорошо видна и в породах с изометрически-зернистым сложением. В таких случаях линейная текстура выражается в параллельно-линейном расположении шлировых скоплений (рис. 92). Шлиры имеют форму лент, полос, линз и называются ленточными, полосатыми и линзовидными шлирами. Минералы, слагающие шлиры, могут быть различного состава: слюда, роговая обманка, пироксен, полевые шпаты, кварц и др. Иногда в породе видно несколько систем шлиров, пересекающих одна другую.

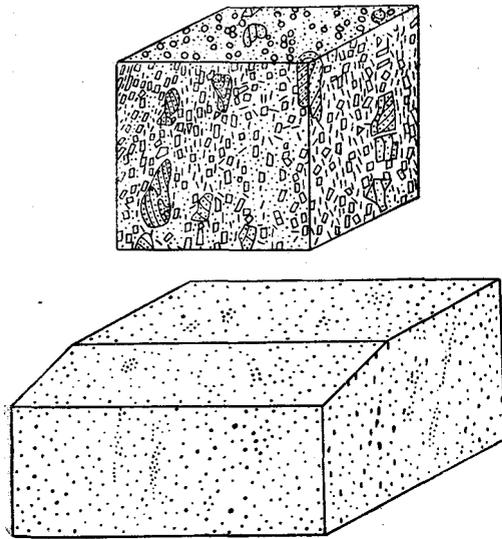


Рис. 92. Линейно-параллельное расположение вкрапленников, скоплений кристаллов и ксенолитов. На верхней поверхности блока порода выглядит бесструктурной. Внизу блок-диаграмма породы с линейно-параллельными шлирами. Линейность видна на всех стенках блока

**Первичные трещины.** В большинстве случаев интрузивы обладают системой первичных трещин, пространственно закономерно расположенных по отношению к структурам течения (первичной полосатости и линейности). Первичные трещины возникают в фазу разломов, более позднюю по отношению к фазе течения.

Различают следующие системы первичных трещин: 1) естественные и 2) искусственные трещины отдельности, обнаруживаемые только при раскалывании.

Естественные трещины отдельности:  $Q$  — поперечные трещины;  $S$  — продольные трещины;  $L$  — пластовые трещины;  $D$  — диагональные трещины.

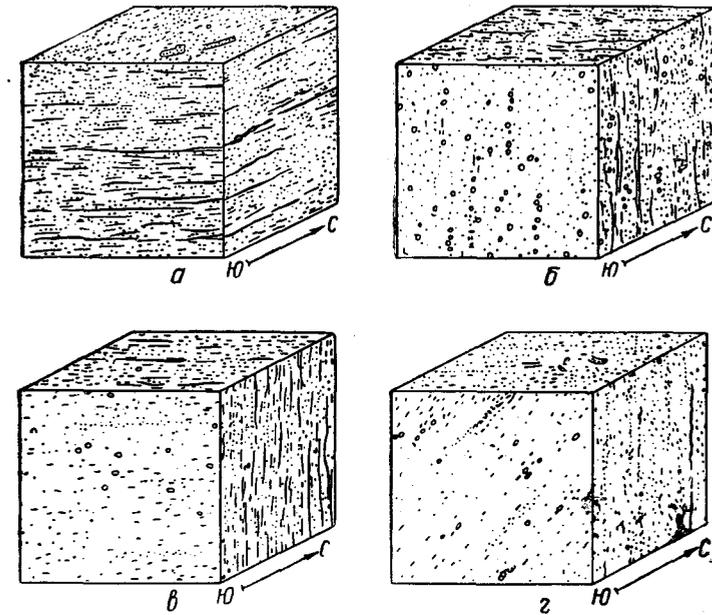


Рис. 93. Различные соотношения между первичными линейностью и полосатостью

$a$  — горизонтальные линии течения и горизонтальная полосатость;  $б$  — вертикальные слои течения и вертикальные линии течения;  $в$  — вертикальные слои течения и горизонтальные линии течения;  $г$  — вертикальные слои течения и наклонные линии течения

Искусственные трещины отдельности: трещины  $k$  — торцовые трещины по простиранию, совпадающие с трещинами  $Q$ , но отличающиеся немного по углам падения; трещины  $s$  — плоскости раскола, совпадающие с трещинами  $S$ ; трещины  $l$  — пластовые трещины, совпадающие с трещинами  $L$ .

Эта терминология была выработана для несогласных гранитных интрузий и имеет следующее значение.

Поперечные трещины ( $Q$ ) располагаются поперек к линиям течения. Эти трещины прямее и длиннее других. Они возникают в результате растяжения в направлении линейности.

Трещины  $Q$  чаще, чем другие системы трещин, выполняются дайками и жильными породами. В результате происходит значительное расширение массива, которое определяется суммарной мощностью даек.

Продольные трещины ( $S$ ) представляют собой крутопадающие трещины, совпадающие по простиранию с направлением линий течения. Эти трещины часто очень хорошо развиты и иногда трудно отли-

чимы от трещин *Q*. Жильные выполнения по трещинам *S* встречаются, как правило, значительно реже.

Пластовые трещины (*L*) являются трещинами пологолежащими, в плоскости которых располагаются линии течения. В расслоенных интрузиях эти трещины обычно совпадают с поверхностью первичной полосатости. Иногда возникает несколько систем таких трещин, отклоняющихся одна от другой на небольшое число градусов. Как и другие трещины, трещины *L* могут выполняться жильными минералами и дайками. Особенно хорошо выражены трещины *L* в горизонтальных или полого наклонных интрузивных массивах, где полосатость располагается или горизонтально, или полого наклонно.

Диагональные трещины (*D*) встречаются довольно часто, но не столь широко распространены, как трещины *Q*, *S* и *L*. Диагональные трещины располагаются приблизительно симметрично с той и другой сторон по отношению к трещинам *Q* и *S*, т. е. образуют две системы трещин, из которых часто лишь одна приобретает преимущественное раз-



Рис. 94. Система перистых трещин, частью заполненных жильным материалом. Во всех случаях левая глыба приподнята, правая — опущена

витие. Угол между диагональными трещинами равен  $90^\circ$  и меньше. Как и другие трещины отдельности, диагональные трещины выполняются дайками и жилами. По диагональным трещинам иногда происходят перемещения, и в таких случаях на них наблюдаются зеркала и борозды скольжения, которые также надо наносить на геологическую карту. В некоторых случаях диагональные трещины сопровождаются перистыми трещинами, располагающимися наподобие птичьего пера. Стрелка, направленная от вершины острого угла, образующегося при пересечении плоскости, вдоль которой происходит перемещение, и трещинки из системы перистых, указывает на направление движения (рис. 94). Трещины *Q*, *S*, *L* и *D* составляют системы главных трещин отдельности. Кроме системы главных трещин, встречаются второстепенные трещины — краевые трещины и пологие трещины в верхних частях некоторых вертикальных массивов.

Краевые трещины и взбросы схематически изображены на рис. 95. Вдоль краевых трещин наблюдаются взбросы. Углы наклона краевых трещин к горизонту колеблются обычно в пределах  $20 - 50^\circ$ . Краевые трещины наблюдаются при крутых наклонах контактовой поверхности. К таким краевым трещинам часто приурочено орудование, например в интрузиве Сьерра-Невада (Америка). Предполагают, что краевые трещины возникали под влиянием сильного гидростатического давления магмы, стремящейся расширить заполняемую камеру; в результате взбросов происходило расширение магматической камеры.

Пологие трещины и взбросы в верхних частях вертикальных интрузий встречаются нередко совместно с краевыми трещинами (рис. 95). Образование пологих трещин сопровождается подвижками, в результате которых могут возникать зоны смятия. Происхождение этих

трещин связано с растяжением и расширением верхней части интрузивного тела.

Пространственные соотношения между элементами структур течения и первичными трещинами изображаются при помощи модели, носящей название структурного блока (рис. 96). В зависимости от расположения линий течения и полосатости определяется и положение первичных трещин.

В общем случае можно условиться называть трещины, параллельные первичной полосатости, пластовыми трещинами *L*, а трещины, перпендикулярные первичной линейности, поперечными трещинами *Q*.

Таким образом, для определения положения структурного блока в пространстве структурный анализ надо начинать с изучения структур течения. Очень важно бывает решить вопрос о расположении структурного блока в различных местах интрузии.

Бывают случаи, когда положение структурного блока выдерживается постоянным в различных местах интрузии — это один тип анизотропии. В других случаях положение структурного блока закономерно изменяется при переходе от одного участка интрузива к другому — это другой тип анизотропии интрузивных тел.

Для доказательства закономерностей анизотропии в строении интрузии иногда прибегают к статистической обработке наблюдений над трещинами, структурами течения, дайками, жилами и т. д. С этой целью

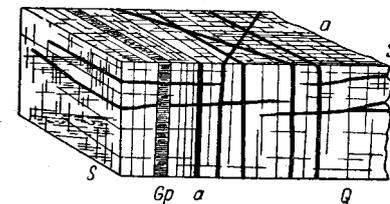


Рис. 96. Структурный блок в гранитном батолите

Горизонтально располагаются трещины, совпадающие с первичной полосатостью. Параллели по поверхности рисунка — трещины *S*, перпендикулярно линейности — трещины *Q*. *Gr* — дайки гранит-порфира, *a* — жилы кварца

производят по возможности большое количество замеров и наблюдений над структурными элементами определенного типа и результаты наблюдений наносят на диаграмму, на розу-диаграмму, на сетку Вульфа или сетку Шмидта. Для статистической обработки наиболее удобна сетка Шмидта. На сетку наносятся в виде точек полюсы (перпендикуляры) плоскостей, соответствующих трещинам, дайкам, полосам течения, а также линии течения и т. д. Например, на рис. 97 изображена диаграмма с элементами структурного блока. Жирной дугой показана первичная полосатость, кружком обозначено положение первичной линейности, буквами *Q*, *S*, *L* — полюсы трещин. Сетка Шмидта позволяет наносить большое количество структурных элементов с учетом характера залегания каждого структурного элемента.

Если принять во внимание, что наряду с интрузивами, в которых структурный блок более или менее сохраняет свое положение в различных участках массива, имеются интрузивы, в которых положение структурного блока изменяется при переходе от одного участка к другому, то станет понятным, что только в телах первого типа один и тот же структур-

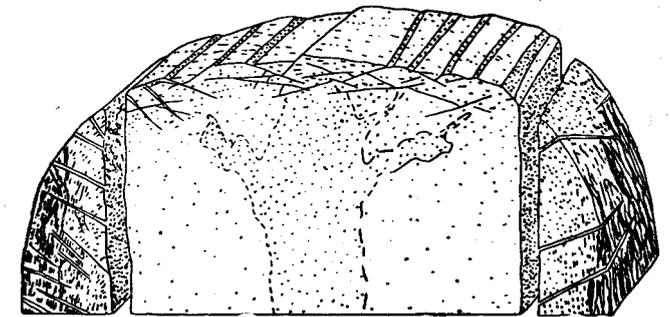


Рис. 95. Краевые трещины вдоль вертикального контакта и полого залегающие трещины и взбросы

турный элемент будет сохранять свое положение в пространстве. При статистической обработке наблюдений над этим структурным элементом будет получаться максимум на диаграмме. Лишь в отношении таких интрузивных тел имеет смысл производить статистическую обработку наблюдений.

**Вторичные (наложенные) структуры.** Кроме первичных структур, в интрузиве могут встретиться вторичные (наложенные) структуры, возникшие после того, как он сформировался. В одних случаях наложенные структуры появляются вследствие позднейших тектонических движений, и тогда породы интрузива подвергаются интенсивным изменениям, которые могут в значительной степени затушевать и затруднить распознавание первичных структурных элементов.

В таких случаях вторичные структуры носят региональный характер и одинаковы или имеют много общего со структурами толщ, вмещающих интрузивы.

Вторичные (наложенные) структуры могут также развиваться на отдельных участках массива и иметь местный характер распространения. В таких случаях хорошо прослеживаются элементы первичных структур интрузива и, вместе с тем, наложенные структуры, развивающиеся на определенных его участках.

Наложённые структуры сильно усложняют изучение интрузива и заключенных в нем месторождений.

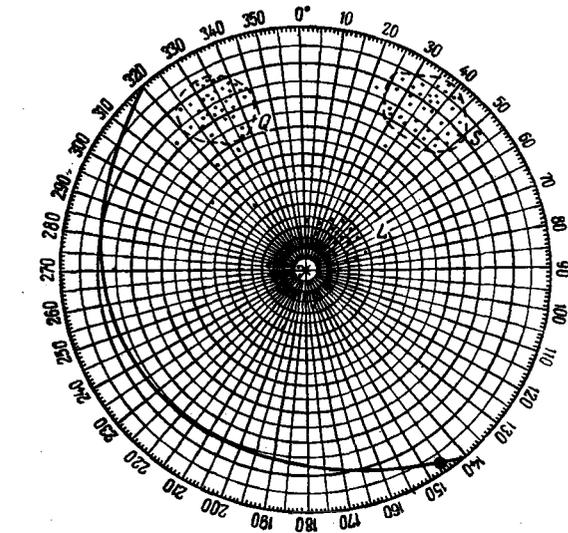


Рис. 97. Полярная сетка с нанесенными на нее полюсами трещин отдельности

Так же как и элементы первичных структур (см. рис. 91), элементы вторичных структур тщательно наносятся на геологическую или специальную структурную карту особыми значками.

Следует обращать особое внимание на соотношение первичных и вторичных (наложенных) структур, так как последние нередко совпадают с первичными. Кроме того, надо выяснить, продолжают ли наложенные структуры во вмещающие породы. Интересный случай наложенных структур описан для штока Сноу-Банк, где вдоль контакта в штоке располагается узкая полоса краевых гнейсов, внутри же штока породы (граниты и сиениты) никаких следов огнейсования не несут. Замечательно, что контактовые роговики также огнейсованы и образуют полосу, повторяющую очертания поверхности контакта и несогласную с напластованием осадочных толщ, за счет которых возникли огнейсованные роговики. Последние, а также гнейсы возникли под влиянием интенсивного гидростатического давления поднимающейся магмы (т. е. ее активности).

#### СИСТЕМАТИКА ИНТРУЗИВОВ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Согласно современным представлениям, основной принцип генетической систематики интрузивных массивов заключается в следующем: каждое магматическое тело запечатлевает состояние равновесия между внутренними силами магмы (интрузии) и сопротивлением или противодействием, оказываемым окружающей (вмещающей) средой.

А. А. Полканов выдвигает два основных положения, развивающие этот принцип:

1. Каждое интрузивное тело в целом является выражением состояния равновесия между внутренними силами активной магмы и тектоникой (движением) вмещающих пород.

2. Внутреннее строение каждой интрузии или ее отдельной фазы контролируется отношением периода процесса кристаллизации магмы к периоду ее собственного движения и к одновременным движениям вмещающих пород.

Здесь уместно будет напомнить, что Клоос в первых своих работах в начале двадцатых годов считал, что боковое давление, т. е. внешние силы, служит причиной возникновения первичных структурных элементов (линейности, полосатости, первичных трещин) внутри интрузии. Хотя в дальнейшем Клоос отказался от такого толкования, все же нередко геологи при описании интрузивов начинают характеристику структурных особенностей с заявления, что под влиянием бокового давления такого-то направления возникли такие-то структурные элементы, ошибочно думая, что особенности внутренней структуры массива возникают под влиянием одного внешнего давления, а не под влиянием сложных взаимоотношений между внутренними силами интрузии и внешними силами.

Вследствие сложных взаимоотношений между внутренними силами интрузии и внешними силами окружающей среды возникает большое разнообразие структурных форм внутри интрузива. При этом возможны три случая соотношений между внутренними силами интрузии и внешними силами вмещающей среды: 1) внутренние силы преобладают (магма обладает большой механической активностью); 2) внешние силы преобладают (магма механически пассивна); 3) внутренние силы находятся в равновесии с примерно равными внешними силами. Структурный анализ центральных интрузий показал, что иногда при формировании одной и той же сложной интрузии в различные фазы интрузии соотношение между внутренними и внешними силами меняется и возникают своеобразные формы интрузивных тел.

Тектоническая обстановка земной коры различна в нескладчатых (платформенных) и складчатых областях. Следовательно, возникает естественная необходимость разделения интрузивных тел прежде всего на интрузии возникшие в условиях платформы и интрузии складчатых областей.

Структура платформ может быть одноярусной, т. е. состоять, например, из одних кристаллических пород докембрия, или двухъярусной, состоящей из нижнего кристаллического яруса и верхнего яруса небольшой мощности почти горизонтальных осадочных толщ (например, палеозой и мезозой Русской платформы). В пределах платформ возникает всегда только один тип интрузий, а именно трещинный. Трещины, видимо, являются единственными в этом случае проводниками магмы в земную кору. Так как такие трещинные интрузии возникают в условиях растяжения земной коры, то кристаллизация магмы происходит при относительной пассивности вмещающих масс, хотя и встречаются некоторые исключения из общего правила. Поднимающаяся по трещинам магма, проявляя механическую активность, иногда сильно видоизменяет первоначальную форму трещинной интрузии, образуя (например, в пределах Алданской платформы) межформационные лакколиты.

Интрузии складчатых областей разделяются на три группы в зависимости от того, в какое время они возникли: 1) до складчатых движений, 2) одновременно со складчатостью, 3) после складчатых движений.

Во всех случаях, как при интрузии в складчатых областях, так и на платформах, активность магм и механическая активность вмещающей среды являются факторами, на основании которых должна быть создана генетическая систематика интрузивных тел.

Согласно А. А. Полканову, следует различать активность подкоревой и внутрикоревой магмы. В свою очередь можно выделить четыре типа активности внутрикоревой магмы:

- 1) химическое действие магмы; примером могут служить мигматиты глубоких сечений складчатых поясов;
- 2) действие колонны поднимающейся магмы, вызываемое различием ее плотности и плотности окружающих пород или силами гравитации;
- 3) механическое действие вследствие гидростатического давления поднимающейся магмы;
- 4) проявление внутренних сил магмы, вызываемое нарушением фазового равновесия в газовой-жидкой среде; уменьшение давления в колонне поднимающейся магмы приводит к вскипанию и последующему газовому взрыву.

Действие активных сил магмы встречает противодействие и регулируется тектоникой и механической активностью среды, вмещающей интрузию.

Изучение соотношений между механической активностью магмы и механической активностью вмещающей среды облегчается наблюдениями над структурными фациями пород. Различаются гнейсовые, гранито-гнейсовые, гнейсо-гранитовые и гранитовые структурные фации.

Гнейсовые фации свойственны интрузивным массивам, которые подвергались тектоническому воздействию после того, как интрузия сформировалась и застыла. Следовательно, причиной возникновения огнейсования интрузивных пород в данном случае послужили внешние силы.

Гранитовые фации наблюдаются в интрузивных массивах, в которых огнейсование отсутствует. Интрузивные массивы с гранитовыми фациями могут быть как первично-расслоенными, т. е. анизотропными, так и нерасслоенными, т. е. изотропными. Характерной особенностью горных пород с гранитовыми фациями является структура, типичная для магматических горных пород, в то время как структура горных пород гнейсовых фаций обладает типичными особенностями структур метаморфических пород, т. е. бластических или катакластических структур. В последних случаях реликты первичных структур магматических пород могут сохраниться или же отсутствуют совершенно.

Наиболее интересны и сложны гнейсо-гранитовые и гранито-гнейсовые фации, в которых, как показывает название, наблюдаются признаки структур магматических и метаморфических пород.

Гнейсо-гранитовые и гранито-гнейсовые фации возникают очень часто под влиянием резко выраженной механической активности магмы. Такие случаи, например, наблюдаются в краевых частях штоков или интрузивных массивов около контакта. Они слагают так называемые краевые гнейсы. Так как формирование таких краевых гнейсов происходит во время формирования интрузивного массива и, что самое замечательное, под влиянием не внешних сил, а внутренних сил интрузии, то они называются первичными краевыми гнейсами. При возникновении первичных краевых гнейсов гидростатическое давление магмы внутри интрузивного массива бывает столь большим, что во вмещающих породах вдоль контакта с интрузивом нередко также возникают огнейсованные и ороговитованные породы. Очень часто гнейсо-гранитовые, гранито-гнейсовые и гнейсовые фации возникают в таких геологических условиях, когда одновременно с механической активностью магмы проявляется механическая активность окружающей интрузию среды.

Следует иметь в виду, что названия «гнейсовые», «гранито-гнейсовые», «гранитовые» структурные фации употребляются не только в описании гранитных интрузий, но и во всех других случаях. Таким образом, интрузивы, сложенные ультраосновными, основными и другими поро-

дами, могут целиком состоять из гнейсовых, гранито-гнейсовых или гранитовых фаций, или же в различных участках интрузива могут наблюдаться различные структурные фации.

В складчатых областях интрузивная деятельность обычно протекает в несколько этапов (фаз); при этом важно бывает установить отношение интрузии не только к складчатости, но и к последующим тектоническим движениям. Могут встретиться, например, интрузии, возникшие после складчатости, но одновременно с секущими складчатые структуры разломами. В этом случае, в зависимости, с одной стороны, от степени активности внутренних сил интрузии и, с другой — от степени активности и подвижности вмещающей интрузию среды, также могут возникать различные структурные фации горных пород.

Необходимо отметить, что мощные гранитные интрузии, столь широко распространенные в складчатых областях, обычно представляют собой такие интрузии, которые внедрились после того, как складкообразование закончилось и возникли разломы, по которым и продвигалась гранитная магма.

Кристаллизация магмы в простых интрузивах или в каждой из частей сложных, многократных интрузивов может начаться и совершаться после выполнения камеры магмой или же в течение процесса выполнения. С этой точки зрения интрузии разделяются на две группы:

- 1) интрузии, в которых движение магмы предшествовало ее кристаллизации, и
- 2) интрузии, в которых движение магмы и ее кристаллизация совершались одновременно.

В первом случае текстура и структура горных пород формируются вне зависимости от движений вмещающей среды. Во втором случае различаются: 1) интрузии или отдельные составные части (фазы), в которых происходило только движение кристаллизующейся магмы, вмещающая же среда была пассивной, и 2) интрузии и их фазы, в которых движение кристаллизующейся магмы сопровождалось движением вмещающей среды.

Наконец, может быть, что интенсивные движения во вмещающей среде происходили во время интрузии и продолжались после того, как интрузив сформировался. В таких случаях в теле интрузива может происходить перекристаллизация слагающих интрузив пород с образованием гнейсовых и гранито-гнейсовых фаций.

Тектонические движения во вмещающей среде, которые происходят после формирования интрузивного тела, в более молодую геологическую эпоху, могут привести к различным изменениям первоначальной формы интрузивного тела. Такое интрузивное тело, являющееся «мертвым» по отношению к новым движениям, нередко расчленяется на части тектоническими разрывами или зонами тектонитов.

Очень большое значение имеет разделение интрузивных тел на не имевшие и имевшие сообщение с земной поверхностью. Первые называются собственно интрузивами, вторые — субвулканами. Интрузивы и субвулканы, в свою очередь, подразделяются на простые, обязанные своим происхождением одному пароксизму интрузивной деятельности, и многофазные, сформировавшиеся в результате неоднократно повторявшихся пароксизмов интрузивной деятельности.

Многофазные интрузии разделяются на многократные (в различные фазы интрузивовала магма одного и того же состава) и сложные (в различные фазы интрузивовала магма различного состава).

При изучении интрузий важно установить форму интрузивного тела, выяснить соотношения между внутренней структурой интрузива и формой контактовой поверхности, соотношения между формой контактовой поверхности и структурой вмещающих пород и, наконец, соотношения

между внутренней структурой интрузивного тела и структурой вмещающей среды.

Для решения этих вопросов структурная съемка имеет очень большое значение даже в условиях плохой обнаженности.

Интрузивные массивы могут иметь разнообразную форму. Различаются горизонтальные, наклонные, вертикальные, периклинальные, синклинальные, пластообразные и другие интрузивные массивы. В большинстве случаев полосатые структуры течения приспособляются к формам контактовых поверхностей интрузива, поэтому картирование первичных структур течения позволяет решить вопрос о форме интрузивного тела даже при отсутствии непосредственных наблюдений над контактами (в условиях плохой обнаженности). В горизонтальных интрузивах первичная полосатость располагается горизонтально, в наклонных — наклонно и т. д.

При изучении многократных и сложных интрузий необходимо иметь в виду, что отдельные части сложного интрузивного тела, сформировавшиеся в различные этапы геологической истории интрузива, могут иметь различные форму и внутреннюю структуру.

Соотношения между внутренней структурой интрузива и контактовой поверхностью могут быть согласные и несогласные. При согласных соотношениях полосатые и линейные текстуры течения параллельны контактовой поверхности.

Точно так же могут быть согласными или несогласными соотношения между контактовой поверхностью и структурой вмещающей среды.

Соотношения между внутренней структурой интрузива и структурой вмещающей среды могут быть согласными (гармоническими) и несогласными (дисгармоническими). Примерами согласных соотношений могут служить силлы и лакколиты, примером несогласных — штоки.

#### СОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ КАРТЫ

Интрузивы с резко выраженной первичной полосатостью внешне напоминают слоистые осадочные породы. Хотя это сходство чисто внешнее, оно все же позволяет при изучении первично-полосатых пород пользоваться с большим успехом теми же методами, какими пользуются при стратиграфическом изучении осадочных пород.

При изучении первично-расслоенных интрузивов составляются разрезы, прослеживаются отдельные горизонты или наиболее типичные слои течения как по простиранию, так и по падению, изучаются наиболее типичные слои течения, сравниваются разрезы, составленные в различных местах интрузива, определяется мощность различных горизонтов и всего комплекса в целом. С особой тщательностью изучаются опорные, наиболее типичные и выдержанные горизонты, которые в некоторых случаях являются в то же время продуктивными или рудоносными горизонтами.

Как показал опыт структурного анализа интрузий, первичная полосатость иногда прослеживается на большие расстояния, что необходимо учитывать при изучении и разведке рудных пластовых залежей. Детальная карта того или иного участка первично-расслоенного интрузива очень напоминает пластовую карту угольного месторождения, что объясняется внешним сходством первично-расслоенных интрузивных пород со слоистыми осадочными породами. Изучая структуры разновозрастных интрузивных комплексов пород в сложных интрузивных телах, можно установить возрастную последовательность различных фаз интрузии. Особенно большое значение этот метод приобретает при одинаковом петрографическом составе комплексов, а также в тех случаях, когда контактовые изменения очень слабо выражены. Возрастную последовательность легче всего определить в местах стратиграфического несогла-

сия двух расслоенных комплексов. Здесь первичная слоистость пород относительно более молодого возраста располагается согласно поверхности контакта, в то время как она несогласно срезает слоистость более древнего комплекса.

При изучении интрузивов с неотчетливо выраженными структурами и бесструктурных массивов следует уделять особое внимание краевым (приконтактовым) зонам или участкам со структурами течения внутри тела. Иногда массивы оказываются бесструктурными только в центральных участках, в краевых же частях наблюдаются хорошо выраженные первично-полосатые или линейные структуры. Иногда по периферии тела располагаются зоны первичных гнейсов. Мощности таких зон определяют, прослеживая их по простиранию, изучая местные изменения и т. д.

В сложных интрузивных массивах различные слагающие их комплексы могут иметь свою собственную структуру независимо от структурного плана, по которому построены соседние интрузивы. В таких случаях необходимо изучать самостоятельно каждый из комплексов пород, попутно выявляя, по возможности детально, структурные соотношения между различными его комплексами. Хорошим примером таких сложных структурных взаимоотношений отдельных комплексов, слагающих сложный интрузив, может служить массив, структурная карта и разрезы которого изображены на рис. 98.

Отметим кстати, что в бесструктурных интрузивах, т. е. в телах, в которых отсутствуют отчетливо выраженные текстуры течения, последние иногда удается установить при помощи микроструктурного анализа. Для этой цели берутся ориентированные в пространстве образцы, из которых по заданным направлениям вырезаются шлифы. В таких шлифах путем статистической обработки данных об ориентировке породообразующих минералов можно обнаружить закономерное их расположение. Более подробное изложение методов микроструктурного анализа приводится в главе VIII.

**Приемы, применяемые при составлении структурных карт.** При изучении внутреннего строения интрузивов обычно составляются две карты — геологическая и структурная; последнюю удобно делать на восковке, накладываемой на геологическую карту. На восковку наносятся границы интрузива и контуры отдельных участков внутри него, т. е. границы между различными породами, слагающими тело. Отдельная структурная карта особенно необходима при детальном исследовании, когда элементы первичных структур и геологические детали, нанесенные на карту, загромождают отдельные ее участки, что создает затруднения не только при ее составлении, но и при чтении. Если такие затруднения не возникают, составляется структурно-геологическая карта, которая вычерчивается на одном листе, без накладываемой восковки.

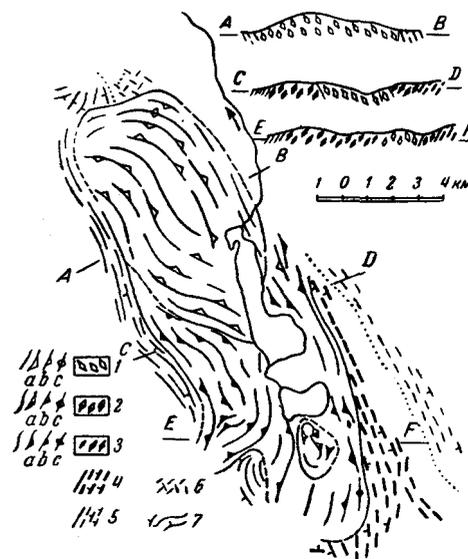


Рис. 98. Структурная карта сложного интрузивного массива. По Полканову и Елисееву

1 — комплекс щелочных гранитов; 2 — комплекс нефелиновых сиенитов; 3 — комплекс габбро-сиенитов; углы падения первичной слоистости: а — 50—80°, б — 5—45°, с — 85—90°; 4 — комплекс пироксеновых гнейсо-диоритов; 5 — комплекс гнейсо-гранитов; 6 — комплекс гранитов; 7 — комплекс гранатовых гнейсов

Как уже указывалось, структурное изучение интрузивных массивов не требует особых средств, времени и специально организованных геологических исследований. Структурный анализ можно и должно проводить при геологическом картировании интрузивных массивов в любых масштабах, хотя надо отметить, что геологическая съемка в масштабе 1 : 50 000, конечно, более благоприятна для этих целей, чем съемки более мелких масштабов.

Распространено мнение, что структурный анализ возможен лишь в тех случаях, когда интрузивный массив очень хорошо обнажен. Такое мнение неправильно, потому что даже в условиях плохой обнаженности часто удается получить очень ценные данные, позволяющие судить о структуре интрузива, о его форме и взаимоотношениях с вмещающими породами.

Помимо карты интрузива или всего района, составленной в масштабе проводимой геологической съемки, для участков, имеющих более сложное строение или представляющих особый интерес, полезно составлять структурные карты крупного масштаба. Обычно составляются детальные карты тех участков, где непосредственно наблюдаются контакты различных комплексов пород, где отмечаются отклонения структуры от общего плана, а также участков, имеющих сложное строение или признаки оруденения. Кроме составления детальных карт, рекомендуется как можно чаще прибегать к зарисовкам, которые ярче и нагляднее, чем записи, передают особенности изображаемых геологических соотношений и способствуют развитию способности наблюдать и объективно оценивать геологические явления, ставить вопросы во время полевых исследований и разрешать их. Они же помогают исправить и дополнить отдельные участки сводной карты.

Само собой разумеется, что структурную карту, как и геологическую, составляют в поле, а в процессе камеральной обработки ее исправляют и уточняют на основе данных, полученных в результате детальной обработки петрографического материала и микроструктурного анализа.

**Изображение различных структур на геологической карте.** При составлении карт масштаба 1 : 200 000, а также сводных карт геологические и структурные данные наносятся на одну карту, поэтому при выборе условных обозначений



Рис. 99. Схематические карточки одного и того же района. На левой карте не показаны структурные особенности района; на правой они отражены  
1—гнейсы; 2—сланцы; 3—сциститы; 4—граниты; 5—туфы

с хорошо выраженными структурами течения — удлиненные, потому что в последнем случае легко будет отразить на карте изменения простирания геологических структур.

Подобная геологическая карта обладает большими преимуществами, так как она отражает не только вещественный состав, но и структуру отдельных комплексов, слагающих интрузив, а также его структуру в целом. Для сравнения на рис. 99 слева и справа изображены две схемати-

ческие карточки одного и того же района: на правой учтены структурные особенности отдельных комплексов пород, а на левой не учтены, поэтому правая карточка более наглядна и удобочитаема.

#### ПРИУРОЧЕННОСТЬ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ К РАЗЛИЧНЫМ СТРУКТУРНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ

Изучая тот или иной интрузивный массив, необходимо иметь в виду, что часто в его теле располагаются месторождения полезных ископаемых.

В настоящее время известно большое число интрузивных тел, в которых различные по своему составу месторождения располагаются строго закономерно и приурочены к определенным структурным элементам первичной полосатости или линейности, к первичным трещинам или к вторичным (наложенным) структурам. Поэтому важно бывает при картировании районов распространения интрузивных пород, во-первых, не пропустить какое-либо месторождение или признаки рудопроявления и, во-вторых, разобравшись в структуре интрузива, правильно решить вопрос о том, к каким структурным элементам приурочены месторождения или рудопроявления. Последнее обстоятельство необходимо использовать при поисковых работах.

Остановимся коротко на структурных признаках, которые могут контролировать оруденение, и приведем примеры тех или иных закономерностей.

Встречаются интрузивы, внутри которых те или иные месторождения размещаются параллельно первичной полосатости. По своему составу такие месторождения очень разнообразны: апатитовые, лопаритовые, сульфидно-никелевые, титано-магнетитовые и др. К такому же типу структур относятся рудные поля крупных платиновых месторождений Бушвельда и сульфидно-никелевых месторождений Сэдбери.

Несмотря на разнообразный состав месторождений, структура рудных полей этого типа обладает многими типичными особенностями, общими для всех месторождений.

Месторождения, расположенные параллельно первичной полосатости, имеют формы преимущественно пластообразных залежей, шлиров, гнезд, редко жил и в большинстве случаев представляют собой совокупность слоев течения различной мощности — от нескольких миллиметров до нескольких десятков метров.

Концентрация минералов, образующих скопления и представляющих месторождения полезных ископаемых, различна в различных слоях течения.

В связи с закономерным чередованием прослоев различного состава в теле первично-расслоенного интрузива исключительное значение приобретает составление детальных разрезов вкрест простирания первичной полосатости. Такие разрезы позволяют охарактеризовать пространственные взаимоотношения между рудными горизонтами и вмещающими породами, разобраться в сложных генетических взаимоотношениях внутри месторождения, проследить поведение того или иного горизонта в разрезе по простиранию и по падению. Система параллельных разрезов вкрест простирания первичной полосатости позволяет, при минимальной затрате времени, составить полное пространственное представление о всех сложных взаимоотношениях внутри месторождения. Известны случаи, когда оруденение в интрузиве распределяется линейно-параллельно по отношению к первичной линейности. Например, в небольшом массиве основных и ультраосновных пород, по форме представляющем собой почти вертикальный штوك с линейностью, параллельной его оси, сульфидное оруденение имеет столбовой характер.

Жильные месторождения, располагающиеся в теле интрузива, очень часто выполняют первичные трещины преимущественно одного какого-

нибудь направления. В некоторых случаях отчетливо выражена пространственная приуроченность рудных тел к вторичным структурам в интрузиве.

## ЭФФУЗИВНЫЕ ПОРОДЫ И ТУФЫ

### ИЗУЧЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ МОЛОДОГО ВУЛКАНИЗМА

В районах своего развития молодые лавы залегают обычно почти горизонтально, несогласно на подстилающих породах и часто не покрываются более молодыми отложениями.

При геологической съемке, для определения возраста четвертичных эффузивов, необходимо выяснить их отношение к речным террасам и приуроченность остатков вулканических аппаратов к определенным геоморфологическим поверхностям, а также, по возможности, восстановить тип этих аппаратов и связь с ними тех или иных потоков лав.

В нашу задачу не входит изложение специальных вопросов современного вулканизма. Для подготовки к такой работе необходимо ознакомиться со специальной литературой по вулканологии. Однако будет целесообразно остановиться на краткой характеристике деятельности современных вулканов, так как это поможет нам разобраться в характере древнего вулканизма и правильно понять условия накопления древних вулканических толщ.

Особенности деятельности вулканов находятся в зависимости от степени текучести или вязкости лавы в момент извержения.

**Трещинные излияния.** В историческое время трещинные излияния наблюдались очень редко, и этот тип известен преимущественно по данным изучения древних лавовых толщ. В трещинных излияниях преобладают жидкоплавкие лавы, чаще всего базальтовые, но известны также лавы андезитового и риолитового состава. Над трещиной возникают шлаковые конусы или сплошной вал шлаков, быстро разрушаемые эрозией. Система лавовых покровов, прорезанных параллельными дайками, распространены на большой площади и имеющих выдержанную мощность, иногда первично слабо наклоненных, с подчиненными прослоями туфов, представляет обычную картину области трещинных излияний.

**Гавайский тип извержений.** Этот тип наблюдается в современных щитовых вулканах, дающих почти исключительно лавы базальтового состава. Лавы жидкоплавки, горячи и способны разливаться в виде тонких покровов на большие пространства. Преобладает эффузивный тип деятельности. Расплавленная лава непосредственно соприкасается с воздухом, и взрывная деятельность выражается в образовании лавовых фонтанов. Выбросы представлены небольшими, не более 10 см в длину, вытянутыми и искривленными стекловатыми бомбами, застывающими в воздухе, капельками стекла, волокнами стекла («волосы Пеле»). Более крупные выбросы, падая, при ударе о землю расплющиваются и разбрызгиваются. Этот материал не сопровождается песком и пеплом, и количество его столь незначительно, что при извержении не образуется толщ туфовых пород.

**Стромболианский тип извержений.** Этот тип наиболее обычен в центральных слоистых вулканах, питаемых лавами базальтового состава. Лава менее жидка, чем в предыдущем случае, но также свободно соприкасается с воздухом. Выделение газов сопровождается взрывами, увлекающими большое количество расплавленного и раскаленного материала; при сильных взрывах выбрасывается и старый застывший материал, а также материал из глубин вулканического очага. Взрывная деятельность некоторых вулканов этого типа продолжается непрерывно, в других наблюдается лишь периодически и перемежается с излияниями лав. Материал выбросов образован преимущественно новой лавой и имеет

одинаковый с ней состав. Он обычно богат стеклом, но последнее содержит также фенокристаллы.

Среди выбросов особенно типичны бомбы. Выброшенные в жидком состоянии, они приобретают при полете эллипсоидальную, грушевидную или веретенную форму с плавными выпуклыми контурами, иногда бывают закручены. Поверхность их стекловата или шлаковидна; в расколе они чаще пузыристы, реже плотны. Пузыри в общем располагаются зонально, оконтуривая то внешние контуры бомбы, то ядро. Глыбы в выбросах не достигают больших размеров и сложены плотной, пористой или шлаковидной лавой. Лапилли очень различны по форме и текстуре. Чаще это шлаковидные обломки с наклонностью к округлым формам. Иногда взрывами из жидкой лавы выбрасываются отдельные хорошо обкопленные фенокристаллы и дают скопления кристаллического туфа. Вулканический песок имеет тот же характер, что и лапилли, т. е. сложен стекловатым и шлаковидным материалом и не сопровождается тонким вулканическим пеплом. Туфовый материал вместе с потоками лавы, интрузивными залежами и дайками слагает конус вулкана. Более крупный материал отлагается у кратера, мелкий выбрасывается дальше и может давать слоистые накопления. Вследствие отсутствия тонкого пепла туфы сильно пористые и вначале рыхлые.

**Извержения вулканические (ультравулканические и плинианские) и пелейские.** Лава вулканов, проявляющих деятельность указанных типов, настолько вязка, что при соприкосновении с воздухом покрывается коркой застывшей породы и вновь не плавится. Такая большая вязкость наблюдается преимущественно в риолитовых, дацитовых, андезитовых, трахитовых и фонолитовых лавах. Газы освобождаются под большим давлением, с обильными взрывами. Туфовый материал играет главную роль в извержениях этого типа. Взрывами выбрасываются куски очень вязкой лавы, частично или полностью отвердевшей. Вместе с новым материалом, принесенным данным извержением, выбрасывается большее или меньшее количество старого твердого материала, а также обломки пород из глубины вулкана, в том числе обломки раскристаллизованных субвулканических интрузивных пород.

Вулканический тип извержений обычен в андезитовых и трахитовых вулканах. В момент извержения кверху выбрасывается темное крутящееся облако «типа цветной капусты». Среди бомб особенно характерны покрытые трещинами с отогнутыми наружу краями бомбы типа «хлебной корки», имеющие округленную или угловатую форму. В момент извержения они лишь снаружи были покрыты твердой стекловатой или пемзовидной коркой, а внутри оставались расплавленными или полужидкими, о чем свидетельствует наличие пузырей или пемзовидное сложение. Отсутствует материал, выброшенный во вполне жидком состоянии (закрученные бомбы, капельки стекла). Вместе с бомбами выбрасывается большое количество угловатых глыб плотной или пемзовидной лавы. Лапилли первично угловаты и закругляются обычно в дальнейшем трением о соседние обломки. Вулканический песок обычно состоит из угловатых частиц; характерно большое количество тонкого вулканического пепла. Пемзы дают характерные дужки стекла либо в результате дробления, либо под прямым действием расширяющихся газов. Эти особенности выбросов обусловлены многократным дроблением материала под действием повторных взрывов.

Вблизи устья вулкана накапливаются хаотические брекчии, в некотором отдалении — слоистые туфы.

При ультравулканических извержениях выбрасывается только ранее затвердевший (старый) материал, что характерно для первых фаз извержения, когда вскрывается жерло вулкана.

Плинианские извержения отличаются от вулканических лишь катастрофической силой. Они происходят после длительного затишья и могут не

сопровождаться появлением лавы. Выброшенный материал по преимуществу старый и твердый. Он отлагается в виде хаотических брекчий, иногда значительной мощности (на Кракатау — 100 м). Иногда в них заметны некоторые признаки наслоения, так как крупные глыбы, быстрее падающие на землю, отлагаются в большом количестве в нижней части пласта.

В пелейском типе образуется не восходящее, а нисходящее облако («раскаленная туча»), стремительно скатывающееся по склонам вулкана подобно лавине. Оно несет вместе с пылью и песком обломки и громадные глыбы твердого вулканического материала размером до многих кубических метров. Отложения раскаленных туч представлены хаотическими брекчиями, где глыбы и обломки заключены в тонком пепле. Иногда брекчия перекрыты слоем тонкого пепла, позднее осевшего из воздуха. Отложения эти часто накапливаются лишь в одном из секторов вулкана или располагаются полосой, чем и отличаются от вулканических туфов.

### ИЗУЧЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ДРЕВНЕГО ВУЛКАНИЗМА

Древние вулканогенные толщи, отражающие геологические условия прошлого, в некотором отношении подобны осадочным образованиям: они занимают определенное положение в стратиграфическом разрезе. Поэтому при геологической съемке нужно прежде всего определить элементы залегания эффузивных толщ, их мощность и положение в стратиграфическом разрезе, разделить их на свиты, установить внутри свит опорные горизонты. Такой метод геологической съемки столь же важен и для решения петрологических задач, так как происхождение эффузивных пород и их особенности следует рассматривать в историческом разрезе и в связи с особенностями геологического строения района. Без этого не могут быть решены и общие вопросы геологической истории, и некоторые практические задачи поисков и разведок.

При геологической съемке вулканогенных толщ ряд вопросов представляет особые затруднения, как-то:

1. Полевое определение горной породы.
2. Определение элементов залегания в лавах и туфах.
3. Определение условий залегания вулканогенных толщ. Последнее осложняется еще тем обстоятельством, что порода эффузивного облика не обязательно будет залегать пластообразно среди одновременных ей образований. Она может залегать среди более древних пород в виде пластовой залежи, дайки, лакколита, некка или штока. Интрузивные и секущие формы залегания наблюдаются не только для эффузивов, но и для туфов.
4. Установление точного возраста вулканогенных и туфогенных толщ. Фауна в них заключается лишь в прослоях осадочных пород, реже в слоистых туфах. И в этих прослоях фауна часто более бедна и однообразна, чем в нормальных осадочных отложениях.
5. Разделение вулканогенных пород на свиты и установление среди них морских и континентальных образований. Вулканогенные толщи характеризуются быстрой изменчивостью как по мощности, так и по составу. Закономерности этой изменчивости гораздо менее изучены и понятны, чем для осадочных пород. Сложные условия залегания заставляют обращать особое внимание на выделение опорных (маркирующих) горизонтов.

### ПОЛЕВОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Правильное определение эффузивной породы в поле имеет громадное значение для точности и успешности съемки, для установления стратиграфического разреза вулканогенной толщи и выяснения взаимоотношения между различными горными породами. Упущения и ошибки, сделанные в этом направлении в поле, обычно трудно исправить во время камеральной обработки, даже при наличии большого количества шлифов.

Задача точного и дробного расчленения эффузивных пород в поле представляет, несомненно, большие трудности. Многие геологи считают, что изучение вещественного состава горных пород возможно только с помощью микроскопа. Надо сказать, что с введением в петрографическую практику микроскопа качество изучения горных пород по внешним признакам резко снизилось. Между тем не следует забывать, что основы петрографии (в частности, основы классификации горных пород) были заложены еще в «домикроскопический» период петрографии, и геологи XIX века с помощью только лупы умели различать в породах довольно тонкие петрографические особенности.

Успешное определение эффузивных пород в поле с помощью лупы вполне возможно. Для этого необходимо предварительно хорошо ознакомиться с уже определенными микроскопически коллекциями из района работ и просмотреть образцы под лупой, параллельно изучая шлифы под микроскопом. При этом нужно следить, как отражаются во внешнем облике породы признаки, различимые под микроскопом. При таком сравнении удается выяснить, что многие важные признаки, на которых мы основываемся при микроскопическом определении пород, уловимы и под лупой. Отметим некоторые из них.

**Фенокристаллы.** Плаггиоклаз обычно имеет белую, желтоватую, а при хлоритизации зеленоватую окраску. В свежем состоянии в кайнотипных эффузивах он стеклянноподобен, что служит важным определяющим их признаком. Калишпаты очень часто имеют розоватую окраску, но такой же цвет свойственен и альбиту. Часто плаггиоклаз можно узнать в поле по полисинтетически-двойниковому строению, заметному по отблескам от расположенных под небольшим углом плоскостей спайности. Плаггиоклаз среднего и основного состава при сосюритизации становится фарфоровидным. Для плаггиоклаза среднего состава очень характерно зональное строение, иногда заметное макроскопически по зональному изменению окраски и прозрачности. Этот плаггиоклаз обычно кристаллизуется в виде толстых таблиц более или менее изометрической формы. Для основного плаггиоклаза более характерна уплощенная таблитчатая форма. Альбит даже в измененных палеотипных породах часто сохраняет известную степень прозрачности, и по этому признаку в поле можно отличить спилиты и альбитовые диабазы от других разновидностей диабазовых пород. То же можно сказать об альбитофирах.

**Фенокристаллы пироксена, роговой обманки и биотита** обычно хорошо различимы по форме и окраске, что не требует особых пояснений. Легко разрушающийся оливин часто можно узнать по ржавым пятнам характерной формы. Уралитовые псевдоморфозы узнаются по тонкому волокнистому строению. Также почти всегда хорошо различимы фенокристаллы кварца.

**Микролитовая основная масса**, характерная для пород андезитового, базальтового и трахитового состава, макроскопически кажется несколько шероховатой. Нередко по отблескам от микролитов на солнце можно более точно определить ее тип (гиалопилитовая, пилотакситовая или интерсертальная) и судить о наличии ориентированных структур течения.

Многие детали строения тонкозернистых и макроскопически плотных пород становятся заметными под лупой в тонкой обеленной корочке выветривания или же на выветрелой поверхности, где оказываются рельефно отпрепарированными такие детали микроструктуры, которые обычно заметны только под микроскопом. Здесь можно различить такие детали, как интерсертальную или офитовую структуру зеленокаменных диабазов, микросферолитовую структуру порфиров, или судить о характере некоторых вторичных минералов породы.

Описанный метод, основанный на тренировке в различении под лупой в поле тех признаков эффузивных пород, по которым производится и их

микроскопическое определение, представляется хотя и более трудным, но более надежным. Его и следует придерживаться. Другой способ, когда одну эффузивную породу сопоставляют с другой только на основании их внешнего сходства (цвета, зернистости и т. п.), рекомендовать нельзя, даже в том случае, если данная порода сравнивается с походящей породой, микроскопически изученной. Некоторые геологи при съемочных работах применяют также следующий способ: в поле отбирается коллекция различных типов горных пород района, маленькие образцы которых полезно носить с собой для сравнения описываемой породы с этими «стандартными» типами.

**Форма пузырей** и газовых пустот в эффузивных породах зависит от вязкости лавы. В жидкоплавких основных лавах пузыри в общем имеют округлую или вытянуто-эллипсоидальную форму с плавными контурами. Наоборот, в вязких кислых лавах пустоты обычно имеют неправильную и угловатую форму.

**Окраска эффузивных пород** зависит от их состава и характера вторичных изменений. В общем кислые и щелочные породы имеют светлую окраску, а более основные — более темную. Однако даже кислые стекловатые лавы могут быть окрашены в совершенно черный цвет тонко распыленным магнетитом. Окраска существенно зависит от формы нахождения железа в породе. Различают три «фазы состояния» или, правильнее сказать, три степени изменения эффузивов.

1. Первичное состояние, характеризующееся неизменным стеклом, стеклянноподобными полевыми шпатами и окраской от светлосерой до черной, зависящей в основном от распыленного магнетита. Такое состояние эффузивов характерно для молодых пород и в древних может сохраниться лишь в том случае, если порода не подвергалась ни значительному статическому давлению, ни складчатым движениям, ни воздействию термальных растворов.

2. Слабо измененное состояние (диагенезированная фаза) возникает при преобразовании эффузивов в слабо дислоцированных или спокойно лежащих толщах. Эта фаза характеризуется помутнелыми полевыми шпатами и красноватыми, фиолетовыми или красно-бурыми окрасками, зависящими от образования окиси железа.

3. Сильно измененное состояние (зеленокаменная степень изменений) возникает при преобразовании эффузивов в складчатых зонах, во многих случаях непосредственно под воздействием постмагматических продуктов вулканической деятельности. Железо при этом входит в состав хлорита, эпидота и других минералов зеленоватой окраски, что придает всему ряду пород, от кислых до основных, грязнозеленые оттенки различной интенсивности.

Эти три степени изменения эффузивных пород следует различать в поле. Степень изменения эффузивной породы может быть различной и часто бывает различной для разновозрастных эффузивных пород в разных тектонических зонах, но для одной и той же тектонической зоны она может дать важные, хотя и косвенные, указания на геологический возраст этих пород, на взаимоотношение вулканогенных свит и на наличие скрытых перерывов. Нахождение свежих пород среди зеленокаменных толщ всегда заставляет подозревать их более молодой возраст. Налегание на зеленокаменные эффузивы пород, более слабо измененных, может указывать на наличие между ними скрытого перерыва.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ В ЭФФУЗИВАХ

**Слоистость.** Вопрос решается наиболее просто, если видны поверхности наложения при переслаивании покровов разного состава или одинакового состава, но отличающихся друг от друга по структуре или цвету, а также покровов с туфами или осадочными прослоями. Иногда пере-

слаивание видно уже при первом взгляде на обнажение, но чаще признаки переслаивания приходится выскидывать, внимательно осматривая обнажение.

Следует отметить, что даже лавы массовых излияний, например плато-базальты трещинных излияний, редко залегают в виде очень мощных покровов. Для большинства плато-базальтов мощность отдельных покровов в среднем составляет 5—15 м. Мощность в десятки метров наблюдается редко, например при заполнении базальтами ранее существовавших неровностей рельефа. Значительную мощность, в десятки и сотни метров, имеют обычно уже не потоки и покровы, а интрузивные залежи. Поэтому можно с уверенностью сказать, что разыскивание границ покровов в крупном обнажении должно обычно увенчаться успехом. В однородной на первый взгляд массе порфирита или диабаза при внимательном осмотре часто можно видеть признаки поверхностей потоков — пузыристые, шлаковидные или стекловатые зоны, особенно характерные на верхней поверхности, прослой потоковых и лавовых брекчий с обломками посторонних пород. На нижней поверхности покрова можно видеть обрывки разорванных им тонких пропластков осадочных пород, например кремнистых сланцев, яшм. Обе поверхности покрова обычно несут стекловатую или тонкозернистую корку, иногда тонкополосчатого сложения, отчетливее выраженную на верхней поверхности. Все эти признаки могут не бросаться в глаза и выясняются лишь при внимательном осмотре обнажения. Поверхность потоков обычно неровна, особенно у глыбовых лав, трещиновата и неправильна. Только что излившаяся лава как в подводных, так и в наземных условиях быстро начинает разрушаться, трещины и неровности на верхней поверхности заполняются обломочным материалом, или же на покрове отлагается сплошной прослой обломочного материала. Эти границы часто видны, иногда лишь в виде трещин и карманов, заполненных обломками, даже если сверху лежит покров, совершенно сходный по виду. В континентальных условиях на поверхности покрова может образоваться кора выветривания, бывают заметны признаки обжига как результат взаимодействия горячей лавы с кислородом воздуха.

**Текстурные особенности.** Следующими по важности и достоверности для определения элементов залегания эффузивов являются плоско-параллельная, линейно-параллельная и флюидальная текстуры лав. Их характеризуют следующие признаки:

1. **Расположение пузырей и миндалин.** При течении потока газовые пузыри и пустоты вытягиваются в направлении течения и иногда одновременно сплющиваются в его плоскости, указывая тем самым на элементы залегания слоя лавы. Иногда наблюдаются трубчатые пустоты иного характера. Они начинаются у нижней поверхности лавы и идут вверх, иногда постепенно расширяясь. Эти пустоты образованы струями паров, поднимавшимися с нижней поверхности покрова, идут перпендикулярно его плоскости и могут несколько изгибаться вперед, в сторону течения лавы.

2. **Субпараллельное расположение фенокристаллов.** О первичной флюидальной текстуре и направлении движения расплава можно судить по параллельному расположению вытянутых или таблитчатых фенокристаллов. При недостаточной отчетливости параллельной ориентировки фенокристаллов рекомендуется проверить свое первое впечатление путем большого числа замеров (десяток-два замеров, а иногда и меньше). Иногда ясное параллельное расположение обнаруживают лишь фенокристаллы одного поколения, чаще самые крупные.

3. **Микрофлюидальная текстура основной массы.** В породах с микролитовой, пилотакситовой или трахитовой структурой основная масса обычно имеет микрофлюидальную текстуру. Наблюдение в поле показывает, что ориентировка ее так же закономерно связана

с элементами залегания покровов, как и другие признаки первичных текстур течения, хотя местные отклонения наблюдаются чаще. Она обычно более правильна в породах олигофиновой структуры. Ориентировка флюидалной текстуры основной массы во многих случаях может быть обнаружена в поле при просмотре образцов под лупой и в большинстве случаев — в ориентированных шлифах, но последний прием мало применяется.

Полосчатость фельзитов и стекол наблюдается часто. В фельзитах нередко наблюдается неправильная полосчатость, поэтому ограничиваться единичными наблюдениями не следует. Наконец, часто потоки и покровы имеют крупнополосчатое строение, обусловленное чередованием разностей в различной степени раскристаллизованных пород, параллельной ориентировкой в них обломков и включений, чередованием различной окраски, например признаков обжига и покраснения на верхней поверхности.

Пользуясь признаками флюидалной текстуры, необходимо помнить закон ее возникновения. Она следует параллельно всем поверхностям потока — как верхней и нижней, так и боковым. Таким образом, в крайних частях потоков и покровов она не совпадает с элементами их залегания.

**Отдельность.** Для определения элементов залегания эффузивных горных пород имеют значение прежде всего формы первичной отдельности, связанные с процессами кристаллизации и остывания породы.

1. Шаровая отдельность в эффузивах может быть первичной и вторичной, возникающей при процессах выветривания. Первичная шаровая (или подушечная) отдельность характерна для лав, излившихся под водой и в условиях повышенной влажности. Она особенно характерна для спилитов. Признаками первичной шаровой отдельности являются: концентрическое сложение шаров с более мелкозернистой и плотной поверхностью, концентрическое расположение газовых пор и пустот под быстро застывшей коркой, радиальнолучистое строение шаров. Иногда наблюдается и радиальнотрубчатое расположение газовых пустот. Шаровые и подушечные лавы часто дают возможность распознать в них элементы залегания и даже определить верх и низ пласта; так, особенно крупные подушки несколько сплющиваются в направлении вертикальной оси. При крупных размерах они одновременно приобретают вогнутость на нижней поверхности, облекая застывшую корку нижележащих «шаров» и несколько свисая с них вниз.

2. Призматическая или столбчатая отдельность является первичной, возникая в процессе остывания лав. В недислоцированных породах она выражена с большей степенью совершенства: породы разбиты на длинные правильные призмы шести- или пятиугольного сечения, толщиной от одного до нескольких дециметров. Оси призм располагаются перпендикулярно верхней и нижней поверхностям покрова или стенкам дайки, поверхности лакколита, купола, интрузивной залежи или некка. При большой кривизне охлаждаемой поверхности столбы располагаются радиально. Флюидалные текстуры ориентированы перпендикулярно оси призм. Призматическая отдельность особенно характерна для базальтов и некоторых порфириров. В интрузивных залежах и дайках она часто выражена особенно ярко. Дайки порфириров и диабазов среди покровов этих же пород легче всего опознаются по развитой в них призматической отдельности. В районах, сложенных пологолежащими и горизонтальными покровами и интрузивными залежами диабазов, базальтов и порфириров, призматическая отдельность нередко влияет на характер ландшафта, что отражается даже в местных названиях (Кереге<sup>1</sup>-Тас в Казахстане, Палисадные горы в Северной Америке).

<sup>1</sup> Кереге — обрешетка юрты.

В древних дислоцированных лавах совершенная призматическая отдельность встречается редко. Гораздо чаще здесь можно наблюдать несовершенную призматическую отдельность, отчетливую лишь в отдельных участках и сочетающуюся с трещинами тектонического происхождения. Призмы часто имеют уже четырехугольное сечение. Иногда призматическая отдельность выражена только в периферической, подвергшейся быстрому охлаждению части тела эффузивной породы и имеет характер мелкостолбчатой отдельности, напоминающей то, что горнорабочие называют «шашечником». Она дает первое указание на характер залегания, которое следует попытаться проверить по другим признакам — наличию первичной параллельной текстуры или признакам переслаивания. Вообще все указанные текстурные наблюдения следует вести комплексно, так как они дополняют и контролируют друг друга.

3. Очень часто неопытные геологи «определяют» залегание эффузивных пород по пластовой отдельности. Это приводит к грубым ошибкам и полному несоответствию выводов с действительностью. Принимать во внимание замеры пластообразной отдельности можно лишь тогда, когда другими наблюдениями подтверждается, что эта отдельность действительно является пластовой. Вообще говоря, в складчатых эффузивных толщах, как и в осадочных, часто развиваются три главные системы отдельности: 1) перпендикулярная простиранию складок, 2) параллельная простиранию складок и 3) параллельная напластованию пород (собственно пластовая отдельность). Эти три системы могут быть выражены в разной степени совершенства, и далеко не всегда форму пластообразной имеет та, которая близка к напластованию. Наблюдения показывают, что в эффузивах ориентировка отдельностей может сильно расходиться с элементами наложения и часто обусловлена чисто тектоническими причинами (грубый кливаж, плоскости скалывания).

В полевой книжке необходимо всегда указывать, по каким признакам определяется залегание эффузивных пород.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ В ТУФАХ

Тип вулканической деятельности находит отражение в характере туфовых выбросов. В древних отложениях, особенно в дислоцированных вулканогенных толщах, где мы уже не можем изучать характер вулканических аппаратов, туфы являются теми документами, по которым преимущественно приходится судить о вулканической деятельности и ее типе. Это необходимо подчеркнуть, так как туфы изучаются и описываются часто поверхностно. Между тем само наличие туфов есть главнейшее доказательство эффузивного характера данной породы и эффузивной деятельности, синхроничной отложению туфа.

Толщи туфов и туффитов нередко ясно слоисты, и в таком случае вопрос об их залегании решается просто. Характер слоистости широко варьирует — от грубослоистых пород до тонкослоистых. Нужно иметь в виду, что в туфах, особенно в туфах наземного происхождения, нередко наблюдается неправильная слоистость и между отдельными слоистыми пачками отмечается угловое несогласие, имеющее узко местное значение.

Особый интерес представляют ленточно-слоистые туфы и туффиты. Для них характерна ритмическая слоистость, подобная слоистости флишевых толщ. Обычно она менее правильна, чем в настоящих флишевых толщах, так как мощность и состав отдельных ритмов сильно меняются. Тем не менее при геологической съемке эту ритмическую слоистость, подобно флишевой ритмичности, часто можно использовать для установления верхней и нижней поверхностей пласта, т. е. для определения нормального или опрокинутого залегания. В каждом ритме его нижний элемент обычно является более грубозернистым. Резкая граница ритмов

иногда имеет признаки размыва. Кверху величина зерна постепенно убывает, и верхний, менее мощный, элемент ритма имеет тонкообломочное строение и обычно более темную окраску. В слоистых туфах положение первичных верхней и нижней поверхностей пласта может быть определено также по явлениям подводных оползней и возникающей при этом мелкой складчатости.

Значительно труднее определить элементы залегания в массивных туфах, вулканических брекчиях и агломератах, особенно в грубообломочных, слагающих мощные пласты, так как на первый взгляд они часто имеют совершенно однородное строение и представляют собой совершенно беспорядочное нагромождение несортированного материала различной крупности. Слоистость в них нередко может быть уловлена по ряду признаков, заметных лишь при внимательном осмотре обнажения, а именно:

- 1) по подчиненным тонким прослоям, иногда линзовидным;
- 2) по грубой слоистости, постепенному изменению состава или крупности обломков (часто в виде не очень ясных слоев);
- 3) по параллельному расположению более крупных вытянутых обломков.

В грубообломочных толщах иногда можно различить верх и низ пласта по положению обломков: более крупные обломки неправильной формы лежат на своей более широкой стороне.

Следует помнить, что туфы, вулканические брекчии и агломераты могут иметь не только пластообразный характер залегания: они заполняют вулканические жерловины и иногда образуют дайки.

#### СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ ВУЛКАНОГЕННЫХ ТОЛЩ

**Опорные горизонты.** Сложные условия залегания вулканогенных толщ и быстрая изменчивость их состава заставляют уделять особое внимание задаче выбора опорных горизонтов. Таковыми могут быть: 1) прослой и пачки осадочных пород, 2) поверхности несогласного залегания и, наконец, 3) некоторые особо характерные эффузивные толщи. При увязке разрезов нужно опираться на такие маркирующие горизонты и на отличительные признаки свит, имеющие региональный характер.

1. Осадочные прослой среди эффузивных толщ не только позволяют установить их возраст и облегчают определение условий залегания, но часто являются лучшими маркирующими горизонтами, так как они отвечают периодам затишья или перерывам вулканической деятельности, охватывавшим большие территории. Так, на Урале сравнительно мало мощные пачки кремнистых сланцев, известняков, туффитов удалось проследить на сотни километров и связать таким образом между собой разрезы весьма удаленных друг от друга районов. Детальное прослеживание по простиранию осадочных пород нередко представляет единственную возможность разобраться в характере складчатой структуры вулканогенных толщ.

2. Поверхности несогласного залегания отвечают крупным переменам в ходе развития всей страны и поэтому позволяют увязать между собой далеко отстоящие разрезы. Признаки несогласного залегания в вулканогенных свитах те же, что и в свитах осадочных пород: налегание одного и того же горизонта на разные горизонты подстилающей толщи, присутствие в базальных слоях полимиктовых обломочных пород, различие в характере тектоники, кливажа, метаморфизма, а также степень изменения эффузивных пород (фаз состояния) выше и ниже поверхности несогласия. Например, на Северном Урале верхнесилурийские эффузивы находятся обычно в зеленокаменном состоянии, а несогласно перекрывающие их эффузивы представлены менее измененными разностями.

3. Некоторые вулканогенные породы столь широко развиты и так однообразны, что сами могут служить опорными горизонтами. Примеры этого дают и современные излияния. Так, гавайские щитовые вулканы имеют около 100 км в поперечнике; отдельные лавовые покровы Исландии занимают площадь в сотни и до тысячи кв. километров и протягиваются в длину на 100—150 км. Такое широкое распространение свойственно, в особенности, базальтам и диабазам и в некоторых странах (например, Центральный Казахстан) покровам порфириров — продуктам трещинных излияний. Ясно, что такие накопления лав могут служить прекрасными опорными горизонтами. Наряду с этим можно указать многочисленные примеры быстрой изменчивости разреза вулканогенных пород по простиранию, что свойственно продуктам деятельности центральных вулканов.

Роль опорных горизонтов могут играть и некоторые своеобразные или редкие для данной страны типы эффузивных пород, широко развитые по площади и занимающие строго определенное место в стратиграфическом разрезе. На Урале, например, такую роль играют трахитовые порфиры верхнего лудлоу.

**Выделение свит вулканогенных пород.** В общем случае при выделении самостоятельных вулканогенных свит следует руководствоваться теми же принципами, которые применяются при расчленении осадочных отложений.

Рассмотрим условия, когда палеонтологическая характеристика отсутствует или недостаточна для требуемой степени детальности стратиграфического расчленения вулканогенных толщ. Хорошие результаты обычно удается получить, применяя те же принципы, которые изложены выше, в разделе об опорных горизонтах. При расчленении вулканогенных накоплений на свиты за границы между свитами рационально принимать пачки осадочных пород, устойчивых по простиранию, или поверхности несогласного залегания.

Большое значение имеет также выделение естественных ассоциаций эффузивных пород, связанных между собой генетически, возникших в процессе нормальной эволюции магматического очага. Такую ассоциацию представляют собой, например, керато-спилитовые комплексы, состоящие из спилитов, кератофириров (альбитофириров) и яшм, хотя главные эффузивные члены этой ассоциации весьма резко отличаются друг от друга петрографически. Такую же естественную ассоциацию дают, например, на Урале недонасыщенные кремнекислотой авгитовые порфириты, трахитовые порфиры и богатые калием диабазовые порфириты верхнего лудлоу. Это, как известно, типичная серия щелочного ряда эффузивных пород. Объединение основных членов этой серии с выше и ниже лежащими порфиритами нормального ряда, к которым они близки по петрографическим признакам, было бы с геологической точки зрения ошибочно и неизбежно внесло бы путаницу. Точно так же было бы ошибкой объединять в одну свиту породы, хотя и близкие петрографически, но являющиеся продуктами совершенно различных типов вулканической деятельности, характеризующих либо разные ее этапы, либо разные геологические зоны. Например, свиты, сложенные покровами основных пород с подчиненными туфами, следует отделять от свит, сложенных преимущественно нагромождением туфов. Первые более характерны для ранних этапов вулканогенного цикла или краевых частей вулканогенной зоны.

**Цикличность вулканогенных толщ.** Цикличность строения, повидимому, не менее характерное явление для вулканогенных толщ, чем для некоторых типов осадочных отложений. Закономерности циклического строения здесь обусловлены особенностями развития вулканического цикла.

По всей совокупности наблюдений над современными вулканами и над вулканическими образованиями прошлого, вулканический цикл обычно

начинается излияниями трещинного характера. Первые лавы представлены обычно основными разностями, например базальтами, залегающими в виде покровов, хотя есть немало примеров, когда первые излияния, нередко покровного характера, образуют порфиры.

По мере дальнейшего своего развития вулканическая деятельность локализуется в определенных пунктах, которые преобразуются в вулканы центрального типа. Центральные вулканы ранней стадии имеют характер щитовых вулканов.

В дальнейшем чисто эффузивная деятельность сменяется взрывной. Между ними может быть длительный период смешанной (эффузивно-взрывной) деятельности. Над вулканическим жерлом возникает слоистый вулкан из слоев пепла, туфов и потоков лав. Вулканический конус быстро размывается, и обломочный материал отлагается в виде пород, обычно называемых туффитами или слоистыми туфами. Во второй половине вулканического цикла продукты извержения обычно имеют более разнообразный состав, причем приобретают распространение породы среднего и кислого состава.

В отложениях прошлого в основании вулканических накоплений мы обычно видим толщи одних лав или лав совместно с грубыми массивными туфами, которые выше постепенно сменяются слоистыми туфами и, наконец, тонкообломочными или даже морскими органогенными осадочными породами. Лавы в основании чаще представлены основными породами, в верхней половине цикла они сменяются лавами более кислого или более разнообразного состава.

Мощные циклически построенные толщи, как и в осадочных отложениях, могут распадаться на циклы меньшего порядка с такими же признаками строения, вплоть до отдельных ритмов в слоистых туфовых толщах, где обычно в основании ритма мы видим более грубый туфовый материал, сверху сменяющийся более тонким.

Отдельные крупные и мелкие циклически построенные толщи по распространению обычно значительно более устойчивы, чем отдельные слагающие их породы, и при геологической съемке удобно использовать эту особенность строения вулканогенных толщ.

#### ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВУЛКАНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Вулканогенные толщи могут накапливаться в подводных или наземных условиях. Характер лав и в особенности туфов, преобладание тех или других в вулканогенных свитах стоит в зависимости от типа вулканической деятельности, от типа вулканического аппарата и стадий развития вулканов. Туфы могут быть первично отложенными на суше или под водой, а также представлять собой продукты сноса с вулканических гор, т. е. продукты их разрушения и переотложения. Отлагаясь непосредственно во время извержения, они могут выпадать из грязевых холодных или горячих потоков, сухих лавин и раскаленных туч. Далеко не все вопросы фациальных особенностей вулканогенных отложений прошлого достаточно разработаны. Им обычно уделяется недостаточное внимание, и следует пожелать, чтобы в дальнейшем при полевых исследованиях в этом направлении сбор материалов велся более систематически.

Касаясь вопроса об особенностях морских и континентальных вулканогенных толщ, отметим, что указания на подводный или наземный характер вулканогенных толщ носят довольно общий характер и большей частью основываются на геологической характеристике всей толщи, а не на каких-либо особенностях самих пород.

1. Морские вулканогенные отложения залегают согласно среди морских осадков. Для континентальных же вулканогенных толщ характерно несогласное залегание на подстилающих толщах.

2. Подводные лавы почти всегда сопровождаются туфами и туфобрекчиями. Подводные туфы часто содержат прослойки нормальных осадков с остатками морской фауны, в частности фораминифер, радиолярий и диатомей. Характерно наличие в таких вулканогенных толщах рифовых известняков. Слоистые туфы и туффиты нередко несут достаточно ясные признаки их водного (ритмически-слоистые туфы и туффиты) или континентального (наличие наземной фауны и флоры) происхождения.

3. Первичный угол наклона подводных туфовых толщ в общем меньше, чем наземных, так как подводный вулкан больше растет в ширину, чем в высоту.

4. Между подводными и наземными лавами большой разницы нет. Многие подводные лавы резко шлаковидны, обладают сильно выраженной миндалекаменистой текстурой с цеолитами в миндалинах. Стекло их под действием воды подвергается разложению с образованием водных силикатов. Вследствие этого они приобретают более светлые окраски и в дальнейшем легче подвергаются зеленокаменным превращениям. Наоборот, стекло наземных лав и туфов подвергается окислению, приобретает красно-бурый до черного оттенок и становится непрозрачным. Однако эти признаки не являются общими и несомненными.

Шаровые лавы бесспорно типичны для подводных излияний, особенно спилитовой формации. Специальные исследования современных базальтовых лав показали, что шаровые лавы действительно возникают лишь при излиянии в воду или на влажную почву болота. Однако в подводных условиях шаровые лавы образуются далеко не всегда.

5. Подводные туфы имеют более плотное сложение и большую однородность, чем наземные. Они подвергаются сортировке преимущественно по удельному весу, а не по крупности. Сортировка по крупности свойственна наземным туфам, причем размер обломков убывает с удалением от центра извержения.

Так называемые грушевидные, эллиптические и закрученные бомбы, приобретающие свою форму при полете в воздухе в пластическом состоянии, отсутствуют в подводных туфовых выбросах. Наземной фацией являются также пизолитовые туфы, состоящие из мелких шариков вулканического пепла, от 1 до 4 мм в диаметре. Они образуются, когда еще горячий тонкий пепел смачивается небольшим дождем. Вокруг капель образуются слипшиеся комочки пепла; перекатываясь под действием ветра или по уклону, они приобретают форму шариков. Иногда пепел облепляет также отдельные обломки фенокристаллов или более крупные туфовые частицы.

Фациальные особенности туфовых толщ находятся в прямой зависимости от типа той вулканической деятельности, с которой они были связаны. Как мы могли видеть при рассмотрении явлений современного вулканизма, лишь вулканы гавайского типа устойчиво сохраняют свойственный им тип деятельности. В других случаях тип деятельности вулканов не остается постоянным и даже разные фазы одного и того же извержения бывают различными. Все же каждый вулкан предрасположен к деятельности определенного типа. Несмотря на указанное непостоянство характера извержений вулкана и на то, что первичные туфы являются большей частью непрочными, кратковременными образованиями, подвергающимися переотложению, в древних туфовых толщах все же можно уловить ряд особенностей, выясняющих характер тех вулканов, которыми они были первично отложены. Наибольшее количество первичных признаков сохраняется в грубых туфах. Сохранению таких особенностей способствует и то обстоятельство, что многие туфы, пропитанные водой, быстро твердеют.

Первичные туфы, отложенные на склонах вулкана, легко подвергаются перемещению и переотложению под действием силы тяжести, воды и ветра. Со временем полному разрушению подвергаются и вулканиче-

ские конусы; материал их отлагается в виде слоистых толщ переотложенных туфов, содержащих большое количество обломков эффузивных пород. К подобным же образованиям относятся сухие лавины, скаты-ваоучиеса со склонов вулканов и отлагающие беспорядочные брекчии.

Грязевые потоки часто образуются уже во время извержений, так как последние нередко сопровождаются сильным дождем. После засыхания эти отложения нередко сразу приобретают такую твердость, что их трудно раскалывать даже молотком. Если поток стекал в горячем состоянии, его поверхность покрыта многочисленными газовыми порами, сохраняющимися и в ископаемом состоянии. Напоминая по своей хаотичности отложения раскаленных туч, продукты грязевых потоков отличаются от них: 1) наличием на поверхности трещин усыхания, 2) наличием своего рода «боковых морен» из более крупных глыб, 3) грубой слоистостью и 4) заполнением пор в обломках лав илом.

Несколько замечаний следует сделать относительно слоистых туфов и туффитов и отличий их от граувакк и песчаников, содержащих обломочный материал вулканических пород. Далеко не всякая порода, содержащая обломки вулканических пород или даже целиком из них состоящая, является туфогенной и свидетельствует о синхронной вулканической деятельности. Для различения обеих категорий пород необходим анализ всей совокупности фактов геологического разреза, и на него следует опираться прежде всего. Часто заключение приходится делать лишь на основании петрографического изучения осадочных пород. Несомненно синхроничный туфовый материал в осадочных породах может быть узан, если он по крупности, форме, степени окатанности, составу и свежести не соответствует нормальному для данной фации осадка материалу: например, в тонкозернистый осадочный материал включены более крупные угловатые обломки стекловатой вулканической породы. Так как вулканическое стекло особенно легко разрушается, то наличие большого числа стекловатых частиц, а тем более в характерных для витрокластических туфов формах явится важным доводом в пользу туфогенного характера породы. На стекловатых обломках туфов часто можно видеть каемку непрозрачного стекла, пропитанного окислами железа. Эта каемка свидетельствует о туфогенной природе обломков.

Вообще для настоящих туфов и туффитов необходимо наличие, хотя бы в небольшом количестве, типичных вулканических выбросов, морфологически характерно выраженных, как то: пепла, лапиллей, бомб, и только в таком случае породу можно считать туфогенной.

#### ГИПАБИССАЛЬНЫЕ ИНТРУЗИИ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ

Породы эффузивного облика могут залегать не только пластообразно и не обязательно среди близких по возрасту пород. Во всех вулканических областях развиты гипабиссальные интрузии, сложенные породами, с трудом отличимыми или вовсе не отличимыми от эффузивов. Выделение при геологической съемке гипабиссальных интрузий имеет большое значение как с чисто геологической точки зрения, так и с поисковой, поскольку с ними нередко связаны рудные проявления. Гипабиссальные интрузии залегают то согласно, то не согласно с вмещающими породами. Формы их залегания чрезвычайно разнообразны: пластовые залежи, дайки, лакколиты, купола, штоки и заполнения вулканических жерловин. Подчас эти формы чрезвычайно сложны, как, например, кольцевые дайки, конические пласты, древовидные лакколиты, радиальные системы даек. На них геологу-съемщику следует обратить особое внимание.

При геологической съемке первостепенное значение имеют следующие особенности гипабиссальных интрузий:

1. Как правило, гипабиссальные интрузии полнее раскристаллизованы, чем соответствующие лавы, и нередко дают переходы в полно-

кристаллические породы. Это правило имеет много исключений. В основных породах полнокристаллические разновидности наблюдаются и в мощных покровах, и в потоках. Наоборот, кислые породы нередко образуют небольшие интрузии, например тонкие дайки, целиком сложенные стеклом. Все же крупнозернистые диабазы, полнокристаллические диабазовые порфириды, диоритовые порфириды, порфиры с микрогранитной, микрогранулитовой и призматической структурами обычно являются интрузивными.

2. В гипабиссальных интрузиях отсутствуют туфы. Этот важный признак сразу заставляет предполагать интрузивный характер пород, не сопровождающихся туфами. Однако брекчиевидное строение пород наблюдается и в интрузивных телах. Например, вулканические жерловины очень часто заполнены брекчиями, которые следует отличать от настоящих туфов. Эти брекчии имеют лавовый или обломочный цемент и носят название жерловых брекчий. Интрузивные брекчии с лавовым цементом и приконтактные брекчии трения с обломочным цементом сопровождают многие гипабиссальные интрузивные тела, в особенности тела кислых пород. Расположение их вдоль контактов сравнительно узкой полосой и обычно однообразный характер обломков являются характерными чертами, позволяющими отличить их от типичных обломочных туфов. За туфы иногда ошибочно принимают катаклазиты дайковых пород, которые отличаются от туфов однообразным составом обломков и катакластической структурой.

3. Крупные массы пород эффузивного облика, обладающие однородным составом и структурой, лишь постепенно изменяющейся от контактов к центру, обычно представляют собой гипабиссальные интрузии.

4. Для интрузивных пластовых залежей и даек особенно характерна правильная призматическая отдельность, хотя она наблюдается и в покровах.

5. Решающее значение имеет изучение контактов и отношения изверженной породы к вмещающим: секущие контакты, контактовые изменения вмещающих пород, гидротермальный метаморфизм их, захват ксенолитов кровли интрузией, проникновение апофиз в кровлю.

При съемке крупных масштабов большое значение может иметь метод структурного анализа, прежде всего изучение первичных текстур течения и отношения их к породам кровли и контактам. Структурный анализ позволяет судить о возрастных взаимоотношениях изверженных пород, в частности в тех случаях, когда другие наблюдения не дают определенного ответа: устанавливая отношение к породам кровли и восстанавливая картину движения магмы, структурный анализ дает важный материал для суждения о первоначальной форме изверженной массы и способе ее проникновения.

**Пластовые интрузии.** Особенно трудно бывает отличить пластовые интрузивные залежи от покровов, так как формы залегания их весьма близки друг к другу. Здесь важны непосредственные наблюдения над контактовыми поверхностями. Наличие в кровле детрита изверженной породы, коры выветривания, заполнение трещин в ней обломочным осадочным материалом свидетельствуют о более молодом возрасте пород кровли, т. е. об эффузивном характере изверженной породы. Шлаковидная и пузыристая верхняя поверхность служит существенным, но не решающим признаком эффузивного залегания. Наоборот, наличие контактового метаморфизма в породах кровли, включение обломков пород кровли в залежи изверженной породы, наличие отпрысков последней в кровлю — все это указывает на интрузивный характер залежи. Следует, однако, иметь в виду, что метаморфизм часто выражен сравнительно слабо и заметен лишь на небольшом расстоянии от контакта. Кроме того, имеются и другие характерные признаки интрузивных залежей:

1. Плотное сложение изверженной породы и лишь в контактах — миндалекаменные текстуры и иногда брекчиевидное сложение.

2. В общем слабое проявление или полное отсутствие явлений автометаморфизма в главной массе интрузивного тела, за исключением участка над подводящим каналом. Породы пластовых интрузий отличаются своей свежестью среди толщ сходных по составу лав и туфов.

3. Обычно однородный состав изверженной породы на всем протяжении тела, с постепенным изменением ее структуры, которая может быть стекловатой у мелких тел и у контактов и полнокристаллической во внутренних частях.

**Дайки.** Отличаясь от пластовых интрузий по условиям залегания, породы даек по своим структурным и текстурным особенностям и по проявлениям контактового метаморфизма во вмещающих породах подобны породам пластовых интрузий.

Породы даек особенно часто подвергаются сильным автометаморфическим изменениям, так как постмагматические продукты поднимаются по тем же трещинам, по которым проникала и магма.

**Жерловины.** Размытые вулканические жерловины имеют более или менее изометрическую округлую или овальную форму и достигают сравнительно крупных размеров — от сотен метров до нескольких километров в поперечнике, при крутом падении стенок. Жерловины бывают заполнены лавами или туфами, в частности грубыми жерловыми брекчиями, и в деталях имеют весьма сложное строение. Они часто рассечены системой даек, в них наблюдаются местные и иногда сложные разрывы, например возникшие при кальдерном опускании. Самые сложные формы залегания пород эффузивного облика, как то: кольцевые дайки, конические слои, радиальные системы даек и их сочетания, свойственны размытым жерловинам. Детальную реконструкцию строения жерловины удастся сделать лишь в слабо дислоцированных толщах. Лавы и туфы, заполняющие жерловину, часто сильно изменены под действием гидротерм. Изменения могут иметь сложный избирательный характер. В размытых вулканических жерловинах нередко залегают месторождения гидротермального генезиса.

**Штоки.** Штоки, представляющие собой крутые интрузивные тела с несогласными контактами, по форме залегания и размерам более разнообразны, чем жерловины. Они сложены массивными породами, иногда у контактов приобретающими брекчиевидное строение. Брекчии эти имеют то лавовый, то обломочный цемент. Горные породы сравнительно хорошо раскристаллизованы и нередко несут следы автометаморфических изменений, местами с минерализацией и оруденением.

Дайки, лакколиты, жерловины и штоки имеют прямое отношение к корням вулканических аппаратов. Вулканы, особенно слоистые вулканы центрального типа, в масштабе геологического времени представляют собой недолговечные образования, быстро подвергаясь разрушению и размыву. Корнями трещинных вулканов покровного типа являются дайки и системы даек, корнями центральных вулканов — жерловины, штоки и лакколиты. Эти образования подчас имеют сложное строение и длинную историю развития.

#### ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ЭФФУЗИВНЫХ ПОРОД

Для областей развития эффузивных пород характерны некоторые типы месторождений магматогенного генезиса. Время их образования падает на период вулканической деятельности и источником, очевидно, являются те же магматические массы, которые питали вулканы. Мы все более убеждаемся, что роль месторождений этого типа значительно больше, чем полагали ранее.

Нередко для месторождений приповерхностной формации остатки древних размытых вулканов и их вскрытые эрозией жерловины имеют такое же поисковое значение, какое интрузии имеют для жильных месторождений глубинного генезиса. Рудные жилы залегают в размытых жерловинах, среди агломератовых туфов и внедрившихся в них мелких интрузий или локализуются в трещинах, нередко радиальных, возникших около этих жерловин.

Для этих месторождений довольно типично также гидротермальное изменение обширных участков околорудных горных пород с проявлением пропилитизации, алунитизации, серицитизации и каолинизации, являющееся важным поисковым признаком.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Болк Р. Структурные особенности изверженных горных пород. Госгеолиздат, 1946.  
Елисеев Н. А. О геологических структурах Хибинского и Ловозерского интрузивных массивов. Пробл. сов. геологии, № 1, 1936.  
Елисеев Н. А. Принципы стратиграфического изучения эффузивных, интрузивных и метаморфических пород. Зап. Всеросс. минерал. общ., ч. 67, № 4, 1938.  
Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Петрографический словарь. ОНТИ, 1932.  
Лодочников В. Н. Краткая петрология без микроскопа. Горгеонефтеиздат, 1934.  
Лучицкий В. И. и Кузнецов Е. А. Петрографические провинции СССР. ОНТИ, 1936.  
Лучицкий В. И. Петрография. Т. II. ГОНТИ, 1938.  
Полканов А. А. Геологические исследования в районах магматических и метаморфических пород. ОНТИ, 1934.  
Соловьев С. П. Распределение магматических горных пород в СССР. Госгеол-издат, 1952.  
Тиррель Г. Основы петрологии. Горгеонефтеиздат, 1932.  
Усов М. А. Фазы эффузивов. КУБУЧ, Томск, 1924.  
Усов М. А. Фации и фазы интрузивов. КУБУЧ, Томск, 1932.  
Шрок Р. Последовательность в свитах слоистых пород. 1950.

## ГЛАВА VIII

### НАБЛЮДЕНИЯ В ОБЛАСТЯХ РАЗВИТИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

История каждой метаморфической породы разделяется на два этапа. 1) образование первичной осадочной или магматической породы, 2) метаморфизм ее. В некоторых первично-магматических породах оба этапа объединяются: метаморфизм происходит в процессе образования самой породы, за счет реакций между образовавшейся породой и остаточными растворами (автометаморфизм). К таким породам относятся спилиты, частично серпентиниты и некоторые другие.

Метаморфизм может быть однократным и многократным, происходить без привноса нового вещества или с привносом. Основными признаками, по которым геолог может судить о первоначальном составе и о первичной природе метаморфических пород, могут служить: условия залегания и ассоциация метаморфических пород с другими породами, наличие в метаморфических породах остаточных (реликтовых) минералов, остаточных структур и текстур, а также химический состав изучаемой породы, если в процессе ее метаморфизма не было привноса нового вещества.

Под влиянием различных факторов метаморфизма порода изменяется структурно и минералогически; степень такого изменения определяется глубиной процесса, близостью к интрузии и, в случае привноса, составом и количеством привнесенного вещества. Возникающие при этом зоны метаморфизма и границы между ними могут не совпадать с распространением и границами первичных пород. Особенно наглядно это проявляется при контактовом метаморфизме.

Геолог, производящий геологическую съемку метаморфических толщ, должен прежде всего отличать метаморфическую зональность от первичного напластования. Только изучение первичного напластования и восстановление первичного генезиса пород позволят выяснить стратиграфию и структуру района и его геологическую историю, а также правильно понять роль метаморфизма в образовании современного состава пород.

Под влиянием различных факторов метаморфизма один и тот же пласт может настолько сильно изменять свой состав по простиранию и вкрест простирания, что породы одинакового первичного состава в различных местах могут оказаться совершенно не похожими друг на друга. Например, в одних и тех же свитах в Карелии и на Кольском полуострове имеются зеленокаменная и амфиболитовая метаморфические фации. Породы этих фаций резко различаются между собой. В то же время прослеживание свиты по простиранию позволяет установить переход зеленокаменной фации в амфиболитовую.

Процессы контактового метаморфизма в связи с интрузиями широко распространены, разнообразны и имеют очень большое значение, так как

с ними связано образование месторождений многих полезных ископаемых. Привнос вещества здесь часто играет большую роль. В других случаях метаморфизм может совершаться без привноса. Пояс контактово-измененных пород может достигать десятков, сотен метров и даже нескольких километров в ширину.

Зональность контактового метаморфизма проявляется особенно наглядно: зоны контактовых пород следуют в общем параллельно границам интрузивного тела, образуя вокруг него ряд концентрических колец-оболочек. В тех случаях, когда границы массива являются секущими по отношению к вмещающей свите, границы зон метаморфизма (например, различных типов роговиков) пересекают простирание пород, стирая первичные границы пластов. В ближайших к интрузии зонах очень трудно разобраться в настоящей структуре, найти и отличить от метаморфической зональности первичное напластование. Эта трудность усугубляется еще и тем, что в зонах контактов больших интрузивных массивов часто возникает кливаж, параллельный границам массива. Этот «контактовый» кливаж не следует смешивать с региональным кливажем.

С развитием петрологических исследований выясняются, особенно при изучении докембрия, все более широкое распространение явлений метасоматоза и все более широкая его роль в преобразовании горных пород. В настоящее время для многих областей, где развит докембрий и в особенности архей, можно говорить о региональном метасоматозе. Региональный метасоматоз в областях, сложенных архейскими гнейсами, приводит к глубокому изменению гнейсов, к возникновению за их счет мигматитов и даже гранитов. Такие явления, идущие в сторону превращения гнейсов и кристаллических сланцев в мигматиты и далее в граниты, протекающие путем метасоматоза, т. е. коренной переработки вещества этих пород гранитизирующими растворами, получили наименование гранитизации. Прежние минералы при этом замещаются вновь образованными за счет привноса нового вещества и взаимодействия его с исходным веществом породы.

Метасоматоз, являясь одним из процессов метаморфизма, проявляется зонально. При изучении явлений метасоматоза необходимо собрать серию образцов для установления изменений в пространстве характера и степени метаморфизма. Помимо того, в поле должны быть установлены по внешним признакам основные типы метасоматически измененных пород, с тем чтобы можно было картировать зоны метасоматоза и установить морфологию ареалов метасоматоза.

Практическое значение метасоматоза и гранитизации заключается в том, что связанные с ними миграция и переотложение вещества на значительных площадях могут привести к возникновению промышленных концентраций полезных ископаемых, а на последующих этапах метасоматоза и гранитизации могут произойти разложение, переотложение и вынос полезного ископаемого.

Каждая геологическая эпоха характеризуется своей интрузивной деятельностью, и почти каждая эпоха тектонических движений — интрузиями гранитов, которые могут различаться между собой как по структурному положению в окружающих образованиях, так и по составу. Граниты больше, чем какие-либо другие интрузии, оказывают воздействие на вмещающие породы, и они же наиболее распространены среди интрузивных пород. Поэтому изучение гранитных интрузий приобрело очень большое значение в разработке стратиграфии немых кристаллических толщ.

В полевой работе надо стремиться собрать как можно больше данных, характеризующих взаимоотношение интрузивных пород между собой и с вмещающими толщами. Эти данные являются для многих районов единственным основанием для установления стратиграфии как метаморфических толщ, так и самих интрузий.

Применение палеонтологического метода к стратиграфии докембрия и вообще глубоко метаморфизованных свит весьма ограничено, но назвать докембрий полностью немым нельзя. В условиях слабого метаморфизма палеонтологические остатки могут сохраняться, и находки их в палеозойских и более молодых метаморфических породах нередки, хотя поиски фауны в них представляют большую трудность. Число находок различных палеонтологических остатков в карбонатных породах протерозоя все более и более возрастает. Из них особенное значение имеют водоросли. Поэтому геолог, картирующий докембрийские или другие метаморфические свиты, должен обратить внимание на поиски в них органических остатков, и тогда во многих случаях эта работа увенчается успехом.

Геолог должен уметь снять «маску» метаморфических процессов и восстановить первоначальную природу пород. Основной метод для решения этой задачи — прослеживание пород по простирацию от менее измененных к более измененным и изучение характера метаморфических превращений пород. Такой метод позволяет восстановить первоначальный состав пород, стратиграфию и строение изучаемого района, понять и объяснить зональность метаморфизма.

На геологических картах показываются первичное напластование, распространение и взаимоотношения первичных пород. Там, где есть необходимость показать зоны и фации метаморфизма, их следует показать как «второй этаж» карты (например, штрихи или крап, наложенные на цвет, соответствующий площади распространения первичной породы). Отражение на геологических картах результатов метаморфических процессов: степени метаморфизма, наличия нескольких (двух или более) зон метаморфизма или нескольких факторов метаморфизма (региональный, контактовый, дислокационный метаморфизм и т. п.) — при съемке масштаба 1 : 50 000 и более детальной обязательно. На картах масштабов 1 : 200 000 и более мелкого показываются только наиболее важные из них (особенно те, с которыми связаны процессы оруденения), а также имеющие широкое распространение.

### ОСОБЕННОСТИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ТОЛЩ

Основными особенностями, с которыми приходится считаться геологу, картирующему области, сложенные метаморфическими породами, являются следующие:

1. Редкие находки в метаморфических породах органических остатков и, вследствие этого, крайняя ограниченность применения обычных методов палеонтологической стратиграфии, что вызывает большие трудности при корреляции свит или делает вообще невозможным сопоставление дробных стратиграфических подразделений.

2. Трудность, а иногда и невозможность выделения опорных горизонтов, что ограничивает предел стратиграфического расчленения свит.

3. Маскировка слоистости кливажем и вторичной кристаллизационной сланцеватостью.

4. Сложность и многофазность тектоники, в особенности для более древних свит, что в большинстве случаев приводит к маскировке угловых несогласий: даже древние граниты приобретают при этом структуры, сопряженные со структурами залегающих на них более молодых свит.

5. Сложный, глубокий и часто многократный метаморфизм, который приводит обычно к полному исчезновению признаков первичного минералогического состава пород, к проявлению различных новых метаморфических минеральных ассоциаций.

Вследствие этого обычные методы, применяемые при картировании нормальных осадочных пород, являясь и здесь совершенно необходи-

мыми, оказываются недостаточными. Трудность познания геологии областей, сложенных метаморфическими породами, обусловила преимущественно петрографический уклон в изучении этих пород. Однако только петрографическое изучение, даже самое тщательное, хотя и выявляет многие закономерности, но без геологической оценки явлений оказывается совершенно недостаточным.

Нельзя забывать, что метаморфические породы, в частности кристаллические сланцы, чаще всего являются осадочными и вулканогенными породами, измененными в процессе метаморфизма. Одна из главнейших задач картирования метаморфических пород сводится к тому, чтобы сквозь явления метаморфизма разглядеть в метаморфической породе черты ее первоначального облика (осадочного, вулканогенного или интрузивного). Этим требованием в значительной мере и определяется особенность методов геологической съемки метаморфических толщ. Изучение характера метаморфизма представляет другую, не менее важную задачу. Только сочетание стратиграфического метода с изучением характера метаморфизма позволяет дать наиболее правильное истолкование закономерностям распределения полезных ископаемых.

Принципы и методы стратиграфии немых кристаллических толщ разработаны главным образом для докембрия, но, естественно, они применимы и к более молодым кристаллическим толщам.

Стратиграфия докембрия основана на следующих трех главных принципах:

1) подразделение по стратиграфическим несогласиям в напластованиях;

2) подразделение по интрузиям, в основном интрузиям гранитов;

3) подразделение на основании абсолютного возраста породы, определяемого по радиоактивному распаду.

1. Стратиграфическое положение свит определяется наиболее полно, если она заключена между двумя несогласиями. Но несогласия в докембрии удается установить сравнительно редко, и этот, хотя и относительно надежный, стратиграфический метод в полевой практике геолога применим далеко не всегда.

2. В древних метаморфических толщах всегда наблюдается большое разнообразие интрузивных пород. Изучение интрузий позволяет установить их отношение к складчатости и сопоставить их с несогласиями. Установленные таким образом для различных эпох диастрофизма интрузивные комплексы, среди которых особое значение имеют граниты, служат критерием для определения стратиграфического положения прорываемых ими или залегающих на них метаморфических толщ. Этот метод широко применяется в полевой практике геологов. Он требует детального изучения самих интрузивных тел: их состава, внутреннего строения и отношения к складчатости вмещающих толщ. Особенно важно, но вместе с тем и чрезвычайно трудно разрешение этих вопросов по отношению к большим площадям гранитов.

3. Определение абсолютного возраста пород по степени радиоактивного распада еще не получило достаточного распространения, но и произведенные отдельные определения имеют большое значение. Очевидно, определение абсолютного возраста интрузий является надежным методом определения порядка (последовательности) внедрений и даст в руки исследователя объективную хронологическую шкалу, но этот метод еще не вышел из стадии экспериментов и точность его не проверена на достаточно большом материале.

Помимо рассмотренных принципов и методов, есть и другие, но они имеют ограниченное распространение.

Первичные фации осадочных пород, превращенных в метаморфические сланцы, являются также одним из оснований, позволяющих проводить корреляцию свит. К таким характерным фациям относятся железистые

стые кварциты докембрия, древнейший красный песчаник верхнего протерозоя, фации тиллитоподобных конгломератов, кварцитов и кварцевых конгломератов, известняков и доломитов, шунгитовых сланцев и др. Здесь же может быть упомянут такой характерный признак протерозоя Карелии, как спилитовые диабазы с сопровождающими их пирокластическими породами.

Степень и характер метаморфизма не позволяют в каждом отдельном случае однозначно решать вопрос о возрасте свит. Общий тип или интенсивность метаморфизма, правда, бывают характерны для той или иной эпохи. Так, архейские образования характеризуются обычно высокой степенью метаморфизма и сопровождаются разнообразными мигматитами, для протерозоя же характерна метаморфическая фация зеленых сланцев. Но этим принципом в геологической практике следует пользоваться осмотрительно.

Ни один из рассмотренных методов не может претендовать на универсальность. Даже метод несогласий не дает оснований для безоговорочного отождествления свит, залегающих в разных районах. Только сочетание всех этих методов с петрологическим анализом метаморфических и интрузивных образований дает более или менее достоверное представление о геологической истории того времени, которое оставило нам свои документы в виде немых метаморфических и интрузивных пород.

## **ЗАДАЧИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ОБЛАСТЕЙ, СЛОЖЕННЫХ МЕТАМОРФИЧЕСКИМИ ТОЛЩАМИ**

**Выделение свит.** При геологической съемке метаморфических толщ, так же как и в осадочных породах, прежде всего выделяются свиты пород родственного петрографического состава. Под геологически самостоятельной свитой понимается группа пород, обладающих следующими признаками: сходством состава, единством возраста и общностью исходного происхождения. Все эти признаки должны быть достаточно характерными для выделяемой свиты, позволяющими отличить ее от других метаморфических свит района и провести корреляцию обособленных участков свиты. Степень и характер метаморфизма могут изменяться в пределах одной свиты, вследствие чего этот признак следует применять с осторожностью при выделении свит.

Для определения состава пород, возрастных взаимоотношений, общности или различия первичного состава осадков составляется серия детальных разрезов вкост простирания пород. Приемы составления разрезов те же, что и для осадочных пород. Основная работа при этом должна производиться лично геологом. На нее не следует жалеть времени, так как от тщательности и полноты составленных разрезов и правильного их толкования зависит успех разрешения вопросов стратиграфии и строения района.

Составление разрезов производится в начальной стадии работ. В дальнейшем совершенно необходимо составлять разрезы других частей свиты, сравнивать их, проверять и уточнять.

При съемке масштаба 1 : 200 000 и более мелкого нет возможности в начале полевых работ составить детальные разрезы для всех свит. Работу приходится вести последовательно — от одного участка к другому. При переходе к новой свите в первую очередь составляются подробные разрезы, проверяемые при последующей работе.

В каждой свите необходимо установить количественные соотношения между различными группами пород. По типу преобладающих пород дается наименование толщ и горизонтов; например: горизонт гранатовых гнейсов, толща сланцеватых амфиболитов, толща кианитовых сланцев и т. п. Собственные наименования свитам следует давать только

после того, как самостоятельное значение свиты подтвердится для значительной территории и достаточно точно будет установлено распространение свиты.

При составлении подробных разрезов, помимо результатов определения пород по минералогическому составу, необходимо отмечать количественные соотношения минеральных компонентов, видоизменения текстуры и структуры, особенно внимательно изучать и отмечать характер контактов, поверхности контактов и переходы между породами.

Совершенно необходимо возможно более точное измерение мощностей каждого выделяемого в описании разреза пласта.

Подобные исследования позволяют с большой полнотой и точно установить стратиграфический разрез и мощности метаморфических свит. Трактовка генезиса свиты и даже ее возраста с течением времени может изменяться, но хорошо составленный разрез с точно определенными мощностями всегда сохранит свое значение.

**Определение стратиграфического положения свит.** Свиты могут быть самостоятельными стратиграфическими единицами, отделенными несогласиями от нижележащих и покрывающих их образований, но могут также залежать согласно, относясь к образованиям одного и того же геологического комплекса. В ряде случаев, особенно в недостаточно изученных районах, вопрос о возрасте свиты и даже об ее стратиграфических соотношениях со смежными свитами остается нерешенным и о нем приходится судить по косвенным данным.

Для установления стратиграфического положения свиты особенно тщательно исследуются ее контакты с другими свитами и вообще все граничные поверхности между различными образованиями. Если контакты плохо обнажены, то необходимо предпринимать поиски обнажений, вскрывающих контакты, или даже прибегать к их искусственному вскрытию. Обнажения контактов дают особо ценный материал для определения стратиграфического положения свиты. Могут быть следующие случаи стратиграфических взаимоотношений свит:

1. **Согласное залегание.** Согласно залегание двух или более свит, в особенности при их одинаковом или близком происхождении и при постепенных переходах между ними, указывает на более или менее близкий возраст свит, а также на то, что они относятся к одному периоду осадконакопления. В этом случае стратиграфическое положение свит определяется путем выяснения условий напластования отложений и одновременного изучения тектоники данного геологического комплекса. При этом необходимо убедиться, что разрез является нормальным (не перевернутым) и не двоящим. Об установлении почвы и кровли опрокинутых пластов будет сказано дальше.

2. **Несогласное залегание.** Угловое несогласие, наличие базальных образований в основании свиты наиболее достоверно решают вопрос о стратиграфическом различии подстилающей и перекрывающей свит. Однако следует иметь в виду, что угловое несогласие далеко не всегда может быть установлено в метаморфических породах. Решающим критерием несогласия является залегание базальных слоев верхней свиты на разных слоях подстилающей свиты. Это необходимое условие для установления углового несогласия. При этом проводится ряд исследований:

1) Устанавливаются угловое несогласие между подстилающими и перекрывающими породами и его характер.

2) Изучаются характер подстилающих пород, их изменение у контакта, обращается особое внимание на явления древнего выветривания и его характер (механическое выветривание, разложение силикатов, в первую очередь полевых шпатов, и т. п.). Изучается поверхность соприкосновения подстилающих пород с базальными образованиями верхней свиты.

3) Изучаются характер базальных слоев, их петрографический состав и связь этого состава с подстилающими породами. Для конгломератов исследуются петрографический состав гальки и валунов, их связь с подстилающими породами, размеры, форма, поверхность. При этом рекомендуется установить количественные соотношения (хотя бы грубо) между группами валунов, разделяемых по разным признакам, главным образом петрографическим. Особо изучается состав цемента, который может быть не только осадочным, но и эффузивным или туфогенным. Трудность изучения метаморфизованных конгломератов заключается в их очень большой плотности, в результате которой валуны не могут быть извлечены из цемента. Это затрудняет всякие статистические подсчеты. Здесь приходится довольствоваться грубыми цифрами.

Если базальные слои представлены сланцами, необходимо подробное изучение их состава и его связи с подстилающими породами, а также разнообразия состава сланцев в зависимости от подстилающих пород. Для базальных сланцев особенно большое значение имеет выяснение их генезиса.

4) Устанавливаются соотношения базальных слоев с вышележащими свитами. Эти соотношения дают материал для фациальной и палеогеографической характеристики свиты, устанавливая принадлежность конгломератов к изучаемой свите.

3. **Интрузивный контакт.** В метаморфических толщах интрузивный контакт встречается значительно чаще, чем стратиграфическое несогласие, являясь поэтому основным критерием для установления стратиграфического положения этих образований.

Интрузивный контакт позволяет решить вопрос только о верхнем возрастном пределе свиты и только в том случае, если установлен возраст самой интрузии. При этом важно установить положение интрузивного тела: является ли интрузия дотектонической, одновременной с тектоническими движениями или послетектонической. В последнем случае интрузия может быть значительно моложе складчатости и относиться к образованиям совершенно иного возраста. Если возраст интрузии не установлен, то интрузивный контакт ее со свитой дает возможность установить только относительное или взаимное стратиграфическое положение этих двух образований, а для определения возраста свиты является недостаточным.

Наиболее прочно установлена связь со складчатыми движениями гранитных интрузий. Они же наиболее широко распространены, и с ними связаны наиболее широко проявляющиеся метаморфизм и жильные образования.

Этим и объясняется широкое использование гранитов для построения стратиграфии метаморфических толщ. И это обязывает геолога-съемщика к детальному геолого-петрографическому изучению гранитов.

4. **Тектонический контакт.** Тектонический контакт не решает вопроса о возрасте контактирующих образований, и этот вопрос должен быть разрешен в других районах, где свита имеет нормальные, не тектонические соотношения с другими образованиями. Но изучение характера тектонического контакта, необходимое в основном для выяснения структуры района, дает иногда косвенные стратиграфические данные.

**Детализация стратиграфии внутри свит или комплексов.** Составление детальных разрезов позволяет в значительной степени выяснить состав свит и мощности отдельных составляющих их слоев. Это необходимо не только для общей характеристики свиты, но и для последующей детализации ее стратиграфии.

Выяснение стратиграфических соотношений по каждому разрезу должно идти одновременно с анализом складчатой структуры свиты. Нужно установить тип складчатой структуры, а также верх и низ разреза, т. е. убедиться в том, имеем ли мы дело с нормальной последова-

тельностью пластов, или залегание их является опрокинутым. Этот вопрос неизбежно встает при наличии опрокинутых и, особенно, изоклинальных складок, и разрешение его в сильно метаморфизованных породах представляет нелегкую задачу. Если невозможно выяснить характер залегания слоев непосредственными наблюдениями в обнажениях, он устанавливается либо методами структурного анализа (см. стр. 56, 214), либо с помощью материалов по соседним территориям.

Установленная в одном разрезе стратиграфическая последовательность слоев еще не достаточна для полной характеристики свиты. Необходимо серия детальных разрезов через свиту в пределах всей обследуемой территории. Какой-либо горизонт в составе свиты может быть выделен на карте только тогда, когда его определенное стратиграфическое положение в свите подтверждается в нескольких разрезах для значительной территории, т. е. при постоянстве горизонта по простиранию и вкрест простирания.

Как исключение, на картах выделяются также не удовлетворяющие этому требованию образования, но имеющие важное практическое или генетическое значение, например пачки железистых кварцитов в гнейсах, карбонатные породы и т. п. Для таких горизонтов должны быть изучены изменение состава и мощности по простиранию и вкрест простирания, контактные поверхности — нижняя и верхняя (резкий характер контактов или постепенный переход к подстилающим и перекрывающим породам), текстурные и структурные особенности пород, количественные соотношения между компонентами.

**Изучение внутренней структуры свит.** Должна быть изучена внутренняя структура каждой свиты, после чего производится сравнительный анализ структуры свиты и структуры пограничных с ней образований, выясняются тектонические соотношения, выделяются геологические образования, относящиеся к одному геологическому циклу.

Исследование внутренней структуры метаморфических свит производится такими же методами, какие применяются для осадочных свит, но выделение опорных (маркирующих) горизонтов представляет значительные затруднения, а иногда оказывается невозможным.

Опорными горизонтами служат редко встречающиеся в свите породы, имеющие какие-нибудь характерные особенности, позволяющие легко отличать их в поле. Такими породами в толще гнейсов и сланцев могут быть мраморы, кварциты, аркозы или какой-нибудь характерный горизонт сланцев. В толщах карбонатных пород маркирующими горизонтами будут различные сланцы. В тех и других толщах за опорные горизонты могут быть приняты, например, туфогенные породы и в некоторых случаях эффузивы. Наконец, в некоторых мощных карбонатных толщах протерозоя содержатся органические остатки. В этом случае опорные горизонты могут выделяться по палеонтологическим признакам.

Детальные исследования протерозойских отложений позволяют с большой полнотой выявить их сложную тектонику.

Значительно труднее анализ тектоники архейских образований, особенно в ареалах мигматизации. Свиты архея пережили несколько эпох складчатости. Однообразие разреза, сильная и различно проявляющаяся мигматизация, глубокий метаморфизм и особый глубинный, пластический тип деформаций осложняют исследования тектоники архея. В большинстве случаев здесь могут быть намечены только фрагменты структуры. Одной из самых трудных проблем для архея является проблема определения возраста структур. Очевидно, что их возраст может иметь широкий диапазон, от деформаций, следовавших непосредственно за накоплением осадков древней свиты, до наиболее молодых для данной территории.

Здесь в качестве общего принципа можно высказать следующее положение: наблюдающаяся в настоящее время структура каждого древнего комплекса является результатом всех тектонических движений, происходивших на территории, к которой относится данный комплекс. В связи с этим перед геологом стоит задача: выяснить возможно полное структуру древних образований в ее современном виде и, последовательно снимая накопленные деформации, восстановить структуру и движения первой эпохи диастрофизма. Следует стремиться установить последовательную смену тектонических движений, как один из элементов геологической истории, создавших, в конечном итоге, современную структуру.

Разумеется, эта задача требует целеустремленных исследований и может быть разрешена не сразу, а в процессе геологической съемки.

При изучении структур сильно метаморфизованных свит следует:

1. Выявлять и изучать отдельные складки, что особенно трудно при их изоклинальном характере.

2. Вести наблюдения над асимметрией — опрокинутостью складок, с определением направления их опрокинутости.

3. Вести наблюдения над поведением шарниров складок, направлением и углами их погружения. Эти наблюдения могут дать материал для суждения о повторной деформации, которой подвергся складчатый комплекс, и о направлении движений при этом.

4. Вести наблюдения над надвигами и сопровождающими их милонитами или бластомилонитами, устанавливая направления простирания и углы падения надвиговых поверхностей.

Особенно важно установить относительный возраст надвиговых движений и складчатости, что может быть достигнуто путем изучения катакластических пород зоны надвига, сравнения их состава, структуры и метаморфизма с составом, структурой и метаморфизмом боковых пород зоны, выяснения их взаимосвязи и генезиса милонитов.

5. В глубинных зонах складчатости производить исследования явлений дифференциального плавления и текучести пород, так как деформации большинства пород в этих зонах носят пластический характер.

Дифференциальные движения в таких случаях сопровождаются разрывами слоев, их перекачиванием и скручиванием. Растащенные части слоев, в которых порода еще сохраняет признаки первичного облика, приобретают цилиндрическую форму, вытянутую по простиранию. Вмещающая порода обычно изменена сильными дифференциальными движениями. Геологам, картирующим глубоко метаморфизованные образования, необходимо иметь в виду эти сложные структуры.

6. Особую задачу представляет исследование тектоники интрузивных тел, прорывающих метаморфические породы, и связи ее с тектоникой вмещающих пород. Основной задачей, подлежащей разрешению, является установление относительного возраста интрузий и возраста складчатости вмещающих метаморфических пород. Решение этой задачи основано на структурном анализе интрузивного тела.

Все перечисленные выше вопросы тектоники должны быть проработаны и решены в поле.

**Определение первоначальной природы метаморфических пород.** Для выяснения первоначальной природы метаморфических пород необходимо учитывать всю сумму полевых наблюдений, результаты петрографического изучения и химических анализов. Но этот вопрос далеко не всегда может быть решен однозначно. Достаточно известен пример, что генезис амфиболитов, залегающих в форме больших и малых линз и пластов в гнейсо-гранитах и гнейсах архея Фенно-Скандинавского щита, до сих пор остается спорным: они могли образоваться как за счет основных магматических пород, интрузивных и эффузивных, так и за счет основных туфов и осадочных пород.

При полевых наблюдениях прежде всего необходимо, на основании условий залегания, отношения к окружающим породам и их ассоциации, решить вопрос, с ортосланцами (ортогнейсами) или парасланцами (парагнейсами) мы имеем дело. В дальнейшем, при уточнении первоначального состава породы, имеют особое значение наблюдаемые в ней остаточные текстуры и структуры, а именно:

1. Для пород первично-магматических характерны остатки текстур, свойственных только изверженным породам (эруптивные брекчии, флюидальные, миндалекаменные текстуры эффузивов и т. д.), экзоконтактные и эндоконтактные изменения для пластовых интрузий (не сохраняющих иногда других признаков магматического происхождения), реликты структур магматических пород (особенно порфириковой и офитовой), частичное сохранение первичного минерального состава, химический состав, соответствующий той или иной магматической породе.

2. Для пород первично-осадочных важными признаками являются прежде всего остатки прежней слоистости, повторяющееся чередование одних и тех же слоев, остатки диагональной слоистости, остатки кластической структуры конгломератов, брекчий, туфов, изредка сохраняющиеся органические остатки, а также частичное сохранение первичного минерального состава, химический состав, близкий химическому составу той или иной осадочной породы.

Остаточные признаки в породе могут быть встречены сравнительно редко, и притом в отдельных обнажениях. Для других выходов таких же пород приходится решать вопрос по аналогии. Поэтому особенно важно в поле определить переходы от пород уже установленного происхождения к породам аналогичного характера, в которых свидетельств о первоначальной природе их не сохранилось.

**Изучение метаморфических процессов (установление зон и фаций метаморфизма).** Изучение процессов метаморфизма и синтез наблюдений следует производить отдельно для каждой геологической единицы — свиты, нескольких согласно залегающих свит, или для целой структурной зоны, ограниченной тектоническими контактами.

При полевых работах необходимо производить наблюдения с целью установить:

1) типы метаморфических пород;

2) связь различных типов метаморфических пород между собой в отношении условий залегания, возраста, общности тектоники и соотношения с интрузиями;

3) изменения текстур и структур пород одного и того же состава и связь их с условиями, указанными в предыдущем пункте;

4) изменения минерального состава внутри свиты и связь их с геологическими условиями;

5) изменения минерального состава в вертикальном разрезе;

6) явления метасоматоза, состав новообразующихся и замещаемых минералов, зональность метасоматоза и его источники.

В решении вопросов метаморфизма большое значение принадлежит камеральной, в частности микроскопической, обработке материала. Метаморфические породы редко бывают однородными по составу, и необходимо брать для детальной характеристики породы образцы из каждого слоя, с тем чтобы охарактеризовать все изменения породы. При установлении зональности метаморфизма вокруг интрузий серийное коллектирование обязательно. Оно позволяет проследить процесс изменения пород в зависимости от их положения относительно интрузива.

В процессе полевых и камеральных работ устанавливаются в пределах каждой геологической единицы: 1) минеральные ассоциации, 2) структуры и текстуры, 3) зоны метаморфизма. Более детальное разделение пород, чем по зонам, достигается разделением последних на

минеральные фации, характеризующиеся ассоциациями типичных минералов, возникающих в определенной физико-химической обстановке. Еще более дробное подразделение можно производить по признакам дальнейшего изменения породы или по остаткам предшествовавшей стадии (реликтовые минералы, структуры и текстуры). Это дает возможность рассматривать метаморфизм как развивающийся процесс, а породы — как продукты, в которых запечатлены стадии этого процесса. В зависимости от направления процесса в сторону более высокой или более низкой степени метаморфизма различают прогрессивный или регрессивный процесс метаморфизма.

При полевых исследованиях и камеральной обработке материалов должен быть решен также вопрос о роли метасоматоза в метаморфизме данной свиты. Отсутствие метасоматических процессов в метаморфизме пород или, наоборот, наличие их определяет весь ход процесса, так как в одном случае минеральные превращения происходят в замкнутой системе и сводятся к перегруппировке вещества, а во втором случае растворы, проникающие в породу, реагируя с веществом породы, приводят к изменениям (в результате привноса и выноса вещества) не только минерального, но и химического состава породы.

Первоначальную природу метасоматически измененных пород приходится устанавливать по сохранившимся участкам неизменной породы или путем постепенного прослеживания породы за пределы области метасоматоза, где метаморфические процессы протекали без привноса вещества.

Процессы метасоматоза проявляются как непосредственно в экзо-контактной зоне интрузий, так и захватывают иногда обширные области вне этой зоны. В тех и других случаях в них наблюдается зональность; например, вокруг гранитных массивов часто наблюдаются: внутренняя, ближайшая к граниту, зона калиевого метасоматоза (образование микроклина), средняя зона железистого метасоматоза (биотит, железистые роговые обманки), внешняя зона кварцевого метасоматоза. Изучение зональности метаморфизма является важной проблемой, поскольку с привносом и перераспределением вещества при метасоматозе могут быть связаны образования крупных скоплений полезных ископаемых.

Процессы метаморфизма не могут быть правильно поняты в отрыве от тектоники. Дифференциальные движения, захватывающие массы пород при складчатости, сильно влияют на структуры и, в особенности, на текстуры возникающих пород. Текстуры приобретают часто закономерную пространственную ориентировку. Изучение метаморфических пород с этой точки зрения (структурный анализ) позволяет сделать ряд выводов о строении данного метаморфического комплекса и установить соотношение во времени минералообразования и движений, вскрыть последовательный ход процессов метаморфизма и связь их (или части их) с движениями.

**Изучение полезных ископаемых метаморфических толщ.** С метаморфическими сланцами и гнейсами связаны разнообразные полезные ископаемые, как рудные, так и нерудные: железистые кварциты, колчеданные месторождения, кианит, гранат и др. Последние два являются порообразующими минералами гнейсов и сланцев. При повышенном содержании этих минералов в породах последние можно рассматривать как руды. Запасы таких месторождений бывают велики, и качество руд очень устойчиво.

Геолог, изучающий метаморфическую толщу, должен тщательно следить за появлением (даже в небольшом количестве) минералов, являющихся полезными ископаемыми. Содержащие такие минералы породы должны быть выделены на карте и тщательно прослежены

с целью поисков участков богатого оруденения. При заметном содержании полезного компонента должны быть собраны материалы для количественной характеристики (штучное опробование) и предварительных соображений о генезисе месторождения. Необходимо обращать особое внимание на зоны концентрации какого-либо из минералов метаморфических пород, прослеживать и отмечать такие зоны независимо от того, считается ли в данное время образующий скопления минерал предметом промышленного использования, или нет. Круг вовлекаемых в эксплуатацию видов минерального сырья непрерывно расширяется, и то, что не имеет промышленного значения сегодня, может стать очень важным сырьем в будущем.

Важнейшим вопросом генезиса месторождений полезных ископаемых, связанных с метаморфическими породами, является вопрос об источнике вещества полезного ископаемого: следует ли искать этот источник в процессах накопления первичного осадочного материала, за счет которого образовалась порода, или этот источник связан с последующими процессами метаморфизма, перераспределением и привносом вещества, связанным с деятельностью интрузий.

Совершенно ясно, что в том и другом случае оценка продуктивной свиты, перспективы поисков, благонадежность, размер месторождений, устойчивость качества руд и поисковые признаки будут различными. В первом случае мы вправе ожидать крупных по своим запасам месторождений пластового типа, с устойчивым содержанием полезного компонента и устойчивым качеством руд. Руководящий поисковый признак — наличие продуктивной свиты. Перспективы поисков благоприятны, если только установлена хотя бы одна точка с промышленной или близкой к ней концентрацией полезного ископаемого. Во втором случае разрешить эти вопросы значительно труднее и они требуют тщательного изучения метаморфизма. Масштабы месторождений и их формы могут быть сложными, содержание полезного компонента может подвергаться значительным колебаниям.

Выше неоднократно указывалось, что приемы и методы изучения и геологической съемки метаморфических пород, в основном разработанные для докембрия, приложимы к изучению и более молодых метаморфических пород. В отношении последних отметим лишь некоторые особенности: метаморфические породы палеозойских и более молодых складчатых зон обычно выступают среди осадочных пород сравнительно узкими полосами, тянущимися на десятки и сотни километров. Основными факторами метаморфизма этих пород являются интрузивная деятельность и дислокационные процессы. В этом случае наблюдаются пестрота распределения и изменчивость метаморфических фаций в противоположность кристаллическим областям докембрия, где метаморфические фации свит хорошо выдерживаются. В связи с этим чаще встречаются остатки различных фаз метаморфизма и более легко устанавливаются факторы и последовательный ход метаморфизма. Непосредственным прослеживанием в поле легче могут быть установлены переходы метаморфических пород к исходным для них осадочным, эффузивным или интрузивным породам.

Дислокационный метаморфизм здесь выражен особо резко и проявляется в образовании линейно вытянутых зон катаклазитов и милонитов без образования бластокатаклазитов и бластомилонитов. Особое значение приобретает изучение надвигов и сбросов, контролирующая роль которых в процессах оруденения выражена здесь значительно резче, чем в кристаллических щитах докембрия.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НАД МЕТАМОРФИЧЕСКИМИ ПОРОДАМИ

Применение обычных методов геологической съемки к метаморфическим породам встречает ряд трудностей, о чем говорилось в начале главы. Эти трудности многочисленны и своеобразны. Одна из главных трудностей вызвана потерей при метаморфизме признаков слоистости — этого важнейшего элемента для характеристики условий залегания осадочных пород.

Определение условий залегания неизменной осадочной породы представляет собой, как известно, простую задачу. Иначе обстоит дело с метаморфическими породами, в которых первичная слоистость или отсутствует, или замаскирована наложенными структурными явлениями — кливажем, вторичной полосатостью и т. п. Определение элементов залегания метаморфических пород является поэтому сложной задачей. Она решается или путем отыскания слоистости (что возможно только в слабо метаморфизованных породах), или путем замеров и анализа вторичных структурных элементов.

Вторичные структурные элементы прогрессивно развиваются с увеличением степени метаморфизма пород, при одновременном постепенном исчезновении первичных элементов, в первую очередь слоистости. Поэтому для пород той или иной степени метаморфизма характерна определенная совокупность структурных элементов, приведенных в табл. 10 (важнейшие выделены):

Таблица 10

Типы пород	Структурные элементы
Метаморфические породы:	
а) осадочные	а) слоистость, кливаж (сланцеватость), плейчатость, трещины отдельности. Для обломочных пород, кроме того, ориентировка зерен, галек, обломков
б) эффузивные	б) Трещины отдельности (пластовая отдельность), кливаж, ориентировка минералов
Кристаллические сланцы и гнейсы	Слоистость, полосатость, кристаллизационная сланцеватость — плоскопараллельные и линейные текстуры, плейчатость, трещины отдельности
Мигматиты	Полосатость, кристаллизационная сланцеватость — плоскопараллельные и линейные текстуры, плейчатость, трещины отдельности

Приведенные в таблице структурные элементы нужно уметь находить, правильно оценивать и наблюдать, замерять и использовать при геологическом картировании, особенно при анализе складчатого строения района.

**Слоистость** является важнейшим структурным элементом осадочных пород и выражается в тонком или грубом чередовании слоев различного состава, структуры или цвета. Слоистость, как правило, сохраняется в слабо метаморфизованных породах, хотя она и здесь маскируется кливажем. По мере развития кристаллизационной сланцеватости первичная слоистость исчезает. Если же она и сохраняется, то очень часто ее трудно отличить от вторичной полосатости, возникающей при метаморфической дифференциации.

В осадочных породах одним из характерных признаков слоистости, помимо указанных выше, являются пластовая отдельность и хорошая делимость породы параллельно слоистости, но в метаморфических породах эти признаки в большинстве случаев исчезают. Возникают частая тонкая трещиноватость (кливаж) и параллельная ей хорошо вы-

раженная ложная пластовая отдельность, которые неопытным геологом могут быть легко приняты за слоистость и настоящую пластовую отдельность. Слоистость достаточно хорошо сохраняется в породах верхней зоны метаморфизма: филлитах, серицитовых и хлоритовых сланцах, кварцитах, аркозах, туфах.

При отсутствии делимости пород по слоистости и пластовой отдельности единственным признаком слоистости остается литологическая неоднородность слоев: различие в составе, величине зерен и окраске слоев. Вследствие этого определение слоистости становится трудным, требует очень большого внимания и значительной затраты времени. Прежде всего следует очень внимательно — дециметр за дециметром — осмотреть выветрелую поверхность обнажения, так как часто слоистость обнаруживается только на выветрелой поверхности. Затем надо осмотреть породу в свежем изломе, отбивая для этого как можно больше образцов в разных частях обнажения. Если при этом не удастся обнаружить слоистость, следует отбитые образцы (а иногда и выветрелую поверхность обнажения) смочить водой. Иногда в совершенно однородных сланцах, если их смочить или опустить в воду, обнаруживается прекрасно выраженная слоистость. После обнаружения слоистости в образце или на гладкой поверхности обнажения необходимо определить ее положение и произвести замер. Если порода не раскалывается параллельно слоистости, замер ее положения нельзя произвести непосредственным прикладыванием горного компаса. Лучше всего тогда отыскать в обнажении две пересекающиеся, образующие входящий угол, плоскости, на которых видна слоистость, и, замерив ее, графически определить элементы залегания одним из способов, известных из учебников разведочного дела или полевой геологии. Кроме того, в угол между плоскостями обнажения можно поместить тонкую, но не сгибающуюся записную книжку или фанерную дощечку так, чтобы ее края были параллельны следам слоистости на обеих плоскостях. Тогда записная книжка или фанерная дощечка будет параллельна плоскости слоистости. К ней уже можно приложить компас и произвести замеры элементов залегания. Так как этот способ недостаточно точен, следует в одном обнажении произвести два-три замера. Это сделать необходимо еще и потому, что порода может быть сложена в мелкие складки и один замер в этом случае может оказаться случайным.

В песчаниках, аркозах, конгломератах, туфах, агломератах зерна, гальки и обломки часто имеют удлиненную форму и параллельную ориентировку своих длинных осей. В неметаморфизованных породах такая ориентировка первична. В подвергшихся складчатости и метаморфизму породах эта ориентировка нередко является вторичной, не связанной со слоистостью (см. выше — кливаж). Поэтому необходимо с большой осторожностью пользоваться данными ориентировки зерен, всегда сопоставляя с направлением границ пластов.

**Кристаллизационная сланцеватость** выражается в параллельной ориентировке таблитчатых и игольчатых минералов, располагающихся в породе обычно параллельно друг другу и поверхности напластования. Последнее существенно отличает кристаллизационную сланцеватость от кливажа течения, где минералы обычно ориентированы под углом к напластованию.

Связь кристаллизационной сланцеватости с кливажем течения показана на рис. 100. На рисунке отчетливо видно, что в пачке кианитового сланца с линейно-плоскостной текстурой, параллельной напластованию (кристаллизационная сланцеватость), залегает слой, в котором сохранился реликтовый кливаж течения и кианит располагается под углом к напластованию и приблизительно параллельно осевым плоскостям складок.

Кристаллизационная сланцеватость представляет собой наиболее глубокое структурное изменение горных пород, возникающее в результате дифференциальных движений, сопровождающееся полной перекристаллизацией пород. Большинство сохраняющихся при этом старых минералов испытывает деформации, вращение, подчиняясь новой образующейся структуре.

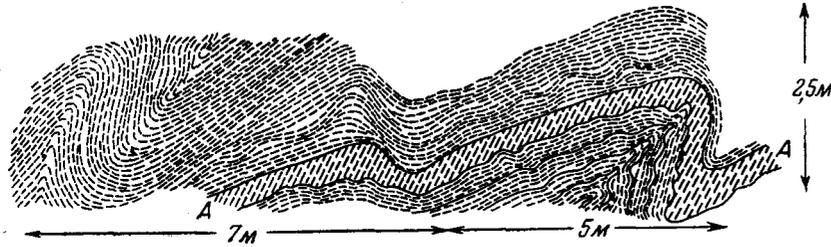


Рис. 100. Кристаллизационная сланцеватость и остаточный кливаж течения (слой А) в кианитовом сланце, (ориентировка кианита). Видна параллельность кливажа течения осевым плоскостям складок

Аналогично тому, как это делается для интрузивных пород, следует различать плоско-параллельные и линейные текстуры. В первых минералы располагаются только параллельно плоскости кристаллизационной сланцеватости (напластования), будучи беспорядочно ориентированы в пределах этой плоскости (рис. 101). Такая текстура может наблюдаться как при таблитчатых, так и при волокнистых (игольчатых) минералах. Она хорошо выражена в сечениях, перпендикулярных к плоскости сланцеватости. На поверхности сланцеватости (напластования) минералы располагаются беспорядочно.

При линейной текстуре минералы располагаются не только параллельно плоскости кристаллизационной сланцеватости, но и параллельно друг другу (рис. 102 и 103). Эта текстура наблюдается значительно

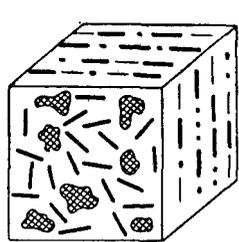


Рис. 101. Плоско-параллельная текстура

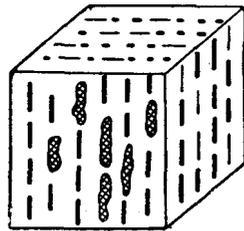


Рис. 102. Линейно-плоскостная текстура

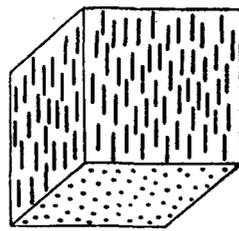


Рис. 103. Линейно-параллельная или линейная текстура

чаще, и притом не только для игольчатых (волокнистых) и столбчатых минералов, но и для таблитчатых, как слюды, таблички которых в плоскости спайности приобретают вытянутую форму. Опыт геолога всегда поможет ему найти линейность в слюдяных сланцах и в гнейсах. Линейные текстуры обычно хорошо выражены в сечениях, перпендикулярных напластованию, и на плоскости сланцеватости.

Положение плоскости кристаллизационной сланцеватости должно быть нанесено на геологическую карту, для чего надлежит измерить горным компасом азимут направления падения и угол падения этой плоскости. Этот замер для кристаллических сланцев будет соответствовать элементам залегания породы. При линейной текстуре замеряются, кроме того, азимут линейности и угол ее падения. Линейность обозначается на карте особым значком (рис. 104, 105).

Следует обращать внимание на последовательность минералообразования в кристаллических сланцах. Минералы кристаллических сланцев

и гнейсов по времени своего образования по отношению к движениям могут быть: 1) дотектоническими, 2) одновременными с тектоническими движениями и 3) послетектоническими.

1. Дотектонические минералы в процессе дифференциальных движений испытывают вращение, стремясь приобрести положение, параллельное сланцеватости. Характерным признаком дотектонических минералов являются их механические деформации — раздробление крупных зерен, части которых могут приобрести различную ориентировку, и изгибание зерен. Последнее особенно хорошо заметно на двойниковых полосках плагиоклазов. Сланцеватость обтекает такие зерна, а на их концах образуются «теневые» участки или ореолы растяжения, в которых кристаллизуются наиболее подвижные минералы (часто кварц).

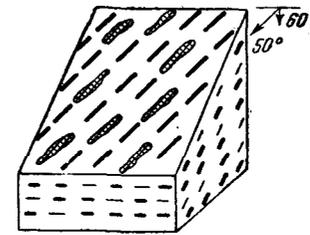


Рис. 104. Линейность при линейно-плоскостной текстуре и ее обозначение

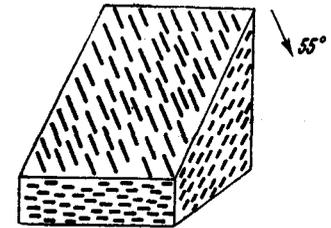


Рис. 105. Линейная текстура и обозначение линейности

Обычно бывает трудно установить в кристаллических сланцах дотектоническую кристаллизацию минералов, так как такими же структурными признаками могут обладать и минералы, кристаллизация которых заканчивается при продолжающихся движениях.

2. Минералы, кристаллизующиеся в процессе движения, характеризуются параллельным расположением, особенно ясно обнаруживаемым на таблитчатых и игольчатых минералах под микроскопом; параллельную ориентировку обнаруживают также кварц и другие минералы. В мелких складках игольчатые и таблитчатые минералы изгибаются параллельно складке.

3. Послетектонические минералы иногда развиваются в форме порфиробластов, часто в виде правильно ограниченных кристаллов, произвольно ориентированных по отношению к сланцеватости. Это — гранат, ставролит, андалузит, кианит, турмалин, хлоритоиды и другие тяжелые безводные силикаты. Реже в форме порфиробластов наблюдаются слюды — биотит и мусковит.

Но кристаллизационная сланцеватость создает анизотропию пород, образуя направление, по которому могут более легко проникать минерализующие растворы. Это может приводить к росту послетектонических минералов также и в плоскости кристаллизационной сланцеватости, к так называемой подражательной кристаллизации. Образованные таким путем минералы могут иметь многие признаки кристаллизации, одновременной с тектоническим движением.

Вопрос о времени кристаллизации и движений (ориентированности или неориентированности минералов) может быть решен при макроскопическом осмотре породы и при простом изучении пород в шлифах не для всех минералов и не для всех пород. В этих случаях изготавливают ориентированные шлифы и определяют ориентировку минералов на столике Федорова. Этот метод требует многих десятков замеров каждого минерала в одном шлифе (см. стр. 117).

В условиях глубинного метаморфизма и сильных дифференциальных движений, сопровождающихся перекристаллизацией, породы приобре-

тают не только кристаллизационную сланцеватость, но и полосатую текстуру. Генезис полосатых текстур может быть различным. Наиболее часты полосатые текстуры, возникающие с привнесом нового вещества, — мигматиты. Но эти текстуры могут возникать и без привноса вещества, при перекристаллизации в глубинных условиях, когда происходят плавление только наиболее подвижных минеральных компонентов и обособление их в процессе движения.

Наконец, полосатость может быть и остаточной: полосы различного минерального состава могут соответствовать первичной слоистости. Вопрос о генезисе полосатости является одним из наиболее трудных. Структурный анализ может помочь его разрешению.

**Плойчатость** связана с мелкой складчатостью. На крыльях главных складок часто наблюдаются второстепенные складки. На крыльях этих складок могут находиться складки следующих порядков, которые в свою очередь могут осложняться еще меньшими складками и т. д., до мелких складочек, наблюдаемых в обнажениях, в штуфах и даже под микроскопом. Такая мелкая складчатость называется **плойчатостью**. В таком последовательном ряде складок каждую складку можно рассматривать как второстепенную по отношению к более крупной складке, т. е. понятия «второстепенная» складка или складка «второго и т. д. порядка» являются относительными. Второстепенные складки могут захватывать всю толщу пластов или возникать только внутри пластичных пород, заключенных между более крепкими пластами, образующими простые изгибы. Такие складки называются **складками в о л о ч е н и я**. Результатом дифференциальных перемещений на крыльях складок не всегда будут складки волочения или **плойчатость**, они могут приводить и к образованию **кливажа**.

Если мы рассмотрим серию складок нескольких порядков, отчетливо бросится в глаза сходство формы складок от самой маленькой до наиболее крупной, какую удастся наблюдать. Все они будут подобными: или простыми широкими, или узкими сжатыми, симметричными или опрокинутыми. Осевые плоскости их будут наклонены под одинаковым углом, а оси параллельны. На основании многочисленных наблюдений можно установить, что осевые плоскости и оси второстепенных складок, складок волочения и **плойчатости** располагаются параллельно осевой плоскости и оси главной складки.

Исключением могут быть складки волочения на крыльях простых широких складок: осевые плоскости их будут наклонены к осевой плоскости главной складки, располагаясь по отношению к ней симметрично. Оси же складок волочения сохраняют параллельность оси главной складки.

Указанный здесь принцип подобия складок служит основой важного метода изучения структуры. Геолог, обнаруживший в обнажении мелкие складки, может делать предварительные выводы о характере более крупных структур. В этих небольших складках, представляющих собой как бы модель общей структуры, можно непосредственно видеть и изучить формы складок, положение осевых плоскостей и осей.

В районах со сложной складчатостью, где главные складки осложнены второстепенными, где развита **плойчатость** и наблюдаются крутые погружения осей, структурные условия кажутся чрезвычайно запутанными и сложными. Но именно эта сложная, «запутанная» структура сама является ключом к ее познанию, подобно тому как **кливаж**, на взгляд неопытного геолога, запутывающий истинные отношения между пластами, в действительности позволяет легко их понять.

При геологической съемке **плойчатость** может быть использована и для определения почвы и кровли пласта. **Плойчатость**, так же как и складки волочения, позволяет определить направление относитель-

ного перемещения двух слоев (рис. 106), поскольку складки **плойчатости** всегда наклонны по отношению к слою. Исходя из того, что верхний слой движется к голове (оси) антиклинали, определяются взаимное возрастное положение двух слоев (т. е. их почва и кровля), а следовательно, и положение антиклинали по отношению к обнажению, а также нормальное или опрокинутое залегание слоев (рис. 107, 108). В нормально лежащих слоях осевые поверхности мелких складок должны быть круче напластования, в опрокинутых — положе напластования, что также позволяет отличать нормальное залегание от опрокинутого.

Этот метод, не требующий предварительного знания стратиграфии изучаемой свиты, приобретает особое значение при изучении немых толщ. Структуры метаморфических однообразных свит, лишенных опорных горизонтов и залегающих **моноклинально**, могут быть выяснены этим методом.



Рис. 106. Определение почвы и кровли пласта по **плойчатости**  
П — почва пласта;  
К — кровля пласта

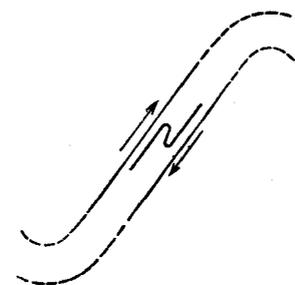


Рис. 107. **Плойчатость**. Нормальное залегание

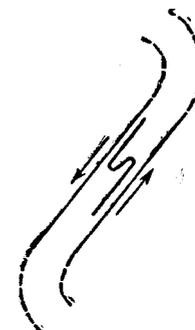


Рис. 108. **Плойчатость**. Опрокинутое залегание

Большую сложность представляют те случаи, когда к указанным трудностям присоединяется крутое погружение осей складок. Но и тогда **плойчатость** позволит разобраться в структуре.

При изучении **плойчатости** зарисовка характера **плойчатости** обязательна в каждом обнажении. Но при этом нет необходимости в каждом обнажении детально зарисовывать все складки, с точным воспроизведением всех мелких деталей. Это необходимо делать только в тех обнажениях, где **плойчатость** имеет характерные формы, какие-либо особенности. В остальных обнажениях достаточно ограничиться схемой, показывающей форму **плойчатости**, их наклон к пласту, направление дифференциальных перемещений и ориентировку в пространстве по отношению к странам света плоскости, на которой наблюдается **плойчатость**. Схематическая зарисовка отнимает немного времени, вместе с тем такая схема служит документом для дальнейших очень важных выводов.

Принцип подобия складок позволяет делать некоторые общие выводы относительно структуры района, а именно положение осевых плоскостей мелких складок позволяет судить о положении осевых плоскостей главных складок, об опрокинутости главных складок и, следовательно, о типе тектоники, о направлении движений в данном районе. Постоянство углов наклона осевых плоскостей мелких складок при пересечении свит вкрест простирания будет наблюдаться при **изоклинальном** типе складок. Постоянство направлений и углов наклона осевых плоскостей указывает на простые складки, места изменений направления наклона (через вертикальное положение) — на положение оси главной складки.

Постоянство простирания мелких складок свидетельствует об однообразии типа структуры исследованной площади. Разные направления мелких складок в разных участках исследованного района указывают на разные направления складчатых структур. Следует выяснить характер соотношений между этими участками. Чаще всего эти отношения будут тектоническими.

В районах метаморфических пород, в особенности пород, относящихся к докембрию, часто приходится иметь дело со сложными структурами, образованными в результате нескольких фаз складчатости. В этих условиях крутые погружения шарниров складок — достаточно обычное явление. Оно выражается в прихотливо изменчивом простирании пород, при котором прослеживание горизонтов представляется весьма трудной задачей.

Для того чтобы разобраться в таких структурах, необходимо изучить поведение шарниров складок: направления и углы их погружений. Здесь весьма ценны наблюдения над погружением шарниров мелких складок.

**Четкообразные структуры.** В глубоких зонах складчатых систем складкообразующие движения отрывают пакеты пластов, перекаывая их, образуют из них цилиндрические, или четкообразные тела, заключенные в измененную массу более податливых пластических слоев, при этом образуются структуры, которые можно было бы назвать четкообразными<sup>1</sup>. Такие структуры возникают в толщах, состоящих из неоднородных по механическим свойствам пород. Более твердые пласты, залегающие среди пластичных пород, испытывают разрывы, превращаясь в пластины-блоки, которые в процессе движения отрываются друг от друга, закатываясь в подвижную «текущую» массу, обтекающую блоки, породы которых сохраняют свою структуру. Вследствие подобного обтекания масса, вмещающая такие блоки, образует вторичные складки смятия, ядрами которых оказываются блоки-«закатыши». Эти складки часто осложнены пloyчатостью. В разрезе четки бывают приурочены к определенному горизонту, имея форму изолированных, располагающихся одно за другим линзовидных или округлых тел (в пространстве обычно цилиндрических). Их длинные оси расположены часто параллельно шарнирам складок. Размеры четок разнообразны: от сотен метров до сантиметров в поперечнике. Длина их во много раз превосходит поперечные размеры.

В комплексе беломорских гнейсов архея, в котором широко распространены четкообразные структуры, роль твердых пластов, образующих закатыши, играют древнейшие амфиболиты, разорванные на отдельные блоки, располагающиеся в обтекающих их гранитизированных гнейсах-

мигматитах (рис. 109). Происхождение этой структуры связывается с дифференциальными

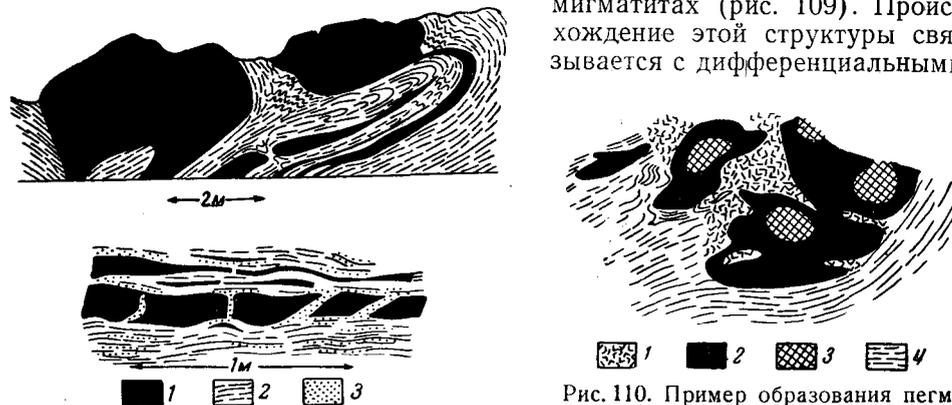


Рис. 109. Два примера четкообразных структур (или будинаж-структур) в гнейсах. По Н. Г. Судовикову  
1 — амфиболит; 2 — гнейс; 3 — пегматит

движениями и гранитизацией вмещающих гнейсов, чем, очевидно, и объясняется сложная и разнообразная форма закатышей. Образующиеся около закатышей в направлении сланцеватости ореолы растяжения заполнены обычно пегматитовым веществом (рис. 110). Размеры четок выражаются метрами.

Рис. 110. Пример образования пегматоидного гранита в ореолах рассеяния около четок. По Н. Г. Судовикову  
1 — пегматоидный гранит; 2 — амфиболит; 3 — метагаббро; 4 — гнейс

В свите шунгитовых сланцев Онежского озера имеются линзы доломита, располагающиеся в определенном стратиграфическом горизонте и представляющие собой обрывки растащенного пласта доломитов. Здесь, в отличие от предыдущих случаев, четкообразная структура проявилась в условиях относительно слабого метаморфизма пород.

Структуры подобного типа могут давать и интрузивные породы в тех случаях, когда внедряющаяся во время складчатости магматическая масса отрывается от своих корней и образует замкнутые со всех сторон тела с вторично приспособленными текстурами во вмещающих породах.

Правильное понимание четкообразных структур имеет большое значение для практической геологии, так как такие структуры встречаются и в месторождениях полезных ископаемых: очевидно, что условия разведки и оценка месторождения будут совершенно различными для выдержанного рудного тела и для тела, разорванного на отдельные линзы, веретена и т. п.

Еще большие трудности возникают, когда такие структуры сопровождаются крутыми погружениями шарниров складок, что случается довольно часто. Разорванные рудные тела могут располагаться как в своде, так и на крыле складки.

При погружении шарниров все подобной формы тела на поверхности будут характеризоваться малыми размерами, и тем меньшими, чем больше угол погружения, так как в плане мы будем видеть разрез тела, а не продольное его сечение (рис. 111). Если не будет правильно понята структура рудного поля, то не может быть определен правильный метод разведки месторождения.

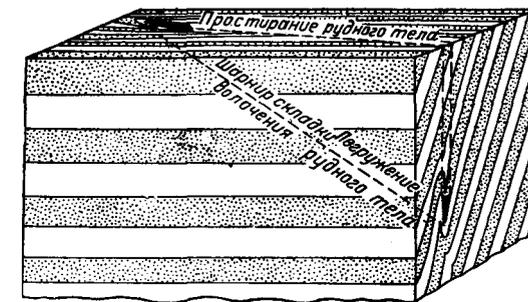


Рис. 111. Влияние крутого погружения складки на простирание рудного тела

При погружении складок их осевые линии всегда отклоняются от линии простирания пластов. Проекция шарнира складки на горизонтальную плоскость (на карте) образует некоторый угол с простиранием пластов, следовательно, и проекции рудных тел будут отклоняться на тот же угол от простирания пластов. Параллельность шарниров складок и рудных тел простиранию пластов в рассматриваемом случае будет наблюдаться только при горизонтальном положении шарнира главной складки и параллельности ее крыльев.

Расхождение в азимутах простирания пластов и погружения рудных тел имеет большое значение при разведочных работах. Чтобы рудное тело не было пропущено при бурении, его структурное положение и поведение осей складок, контролирующую структуру месторождения, должны быть хорошо изучены на поверхности и отражены на карте.

## МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Выше рассматривался вопрос о дифференциальных движениях, о значении их в образовании кристаллических сланцев, отмечались связь этих движений и образующихся при этом текстур со складчатыми движениями и значение их при изучении структуры района. Дифференциальные движения не только захватывают минеральные зерна в целом, но оказывают влияние и на вещество зерен, проявляясь в образовании двойников и смещении вдоль определенных плоскостей кристаллических решеток, являющихся плоскостями наиболее плотной упаковки.

<sup>1</sup> В литературе такие структуры называются «будинаж-структурами».

Выше указывалось на ориентированное расположение пластинчатых и игольчатых минералов, положение которых по отношению к плоскости сланцеватости может быть определено при полевых наблюдениях. Но в тектонитах и другие минералы, имеющие часто изометрическую форму, как кварц, кальцит, полевой шпат, обладают определенной ориентировкой кристаллической решетки, что может быть выявлено только при микроскопическом исследовании этих пород во время камеральной обработки полевых материалов. В микроструктурном анализе структура пород рассматривается не только как образованная закономерной ориентировкой зерен по внешней форме, но и как обусловленная закономерной ориентировкой их внутренней структуры, определяемой кристаллографическими направлениями.

Наблюдая сланцеватую породу в шлифе под микроскопом, с помощью гипсовой пластинки, можно убедиться в наличии кристаллографической ориентировки у большинства зерен. Такая ориентировка часто проявляется у кварца. В одном положении шлифа в тектонитах подавляющее число зерен будет иметь желтую интерференционную окраску, при повороте на  $90^\circ$  — синюю. В шлифе можно также обнаружить и измерить угол между следом сланцеватости и осью оптической индикатрисы (для одноосных минералов). Этот угол далеко не всегда равен  $0^\circ$ . Это указывает на то, что дифференциальные движения могут происходить не только вдоль плоскостей сланцеватости, но и по другим плоскостям, располагающимся к ней под некоторым углом. Все плоскости (или поверхности) сланцеватости принято называть *S*-поверхностями. Главную макроскопически видимую плоскость сланцеватости обозначают буквой *S*, другие плоскости — *S*<sub>1</sub>, *S*<sub>2</sub>, *S*<sub>3</sub> и т. д.

Микроструктурный анализ требует: 1) ориентированных шлифов; 2) точного определения ориентировки минералов; 3) массовых замеров ориентировки и их статистической обработки.

**Взятие ориентированных шлифов.** Для ориентировки шлифов пользуются системой координат (*a*, *b*, *c*), согласованной с элементами складчатой структуры (рис. 112).

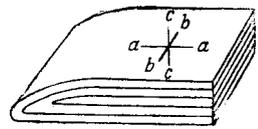


Рис. 112. Расположение системы координат относительно слоистости (сланцеватости) пород

Ось *a* лежит в плоскости сланцеватости и соответствует направлению течения вещества — направлению скольжения, совпадающему с направлением падения пород.

Ось *b* («тектоническое простирание») лежит в плоскости сланцеватости перпендикулярно к оси *a*, совпадая с простиранием пород, и называется также осью скольжения.

Ось *c* перпендикулярна к плоскости скольжения *ab*. Для осей *a*, *b* и *c* важно также различать +

и —, так как все шлифы и диаграммы должны быть одинаково ориентированы. Для *c* знак + принимается вверх, для *a* знак + вверх; для *b* при погружающейся оси в направлении погружения принимается знак —, при горизонтальном ее положении знаки выбираются условно.

Практически для гнейсов и кристаллических сланцев ось *b* соответствует линии простирания плоскости кристаллизационной сланцеватости, *a* — линии падения, ось *c* перпендикулярна плоскости сланцеватости и осям *a* и *b*.

Для приготовления ориентированного шлифа откалывается кусок породы по сланцеватости; на нем должны быть проведены линии простирания и падения с обозначением азимутов (рис. 113). Эта отметка делается обязательно на верхней стороне, во избежание ошибок. Рекомендуется до отбивания образца наклеивать на поверхность сланцеватости лейкопластырь, делать на нем отметку и только после этого отбивать образец. Ориентировка взятого для шлифа образца записывается также в дневнике.

Шлифы обычно изготавливаются в плоскости *ac* (перпендикулярно *b*) или *bc*. Ориентировка должна быть единообразной, чтобы можно было легко сравнивать результаты замеров<sup>1</sup>. Важно также, чтобы в шлифах направления осей (+ и —) были бы одинаковы. Ориентировка шлифа обозначается на предметном стекле шлифа.

**Измерение (обработка) шлифов.** В ориентированном шлифе на столике Федорова производятся массовые замеры ориентировки зерен: для кварца — оптических осей (осей *Ng*), для слюд — полюса базального пинакоида (спайности), для кальцита — двойниковых плоскостей, для двусосных минералов — ось (001) или другое направление.

Количество необходимых замеров для одного шлифа и минерала определяется степенью совершенства ориентировки. При менее совершенной ориентировке для выявления закономерностей требуется больше замеров. Для кварца требуется измерить не менее 100 зерен. Обычно делается от 200 до 300 и даже до 500 замеров. Для слюд, при их совершенной ориентировке, минимально делается 50 замеров, обычно 100—200 замеров.

Для производства замеров шлиф зарисовывается и на зарисовке нумеруются зерна замеряемого минерала. После того как все зерна замерены, шлиф передвигается параллельно самому себе, снова производится зарисовка, и т. д. Параллельность передвижения шлифа контролируется ориентировкой и расположением замеренных зерен по отношению к кресту нитей микроскопа.

Прежде чем приступить к замерам ориентировки какого-либо минерала, например кварца, необходимо решить вопрос: одна или несколько генераций этого минерала присутствует в породе (в шлифе)? Если имеется не одна генерация (зерна разной величины и формы), зерна каждой из них отмечают на зарисовке своим знаком, замеряют и наносят на сетку. Результат обработки диаграммы покажет, имеем ли мы дело с одной или не с одной генерацией, и в последнем случае даст возможность выяснить закономерности метаморфизма и образования структуры. Игнорирование дифференцированного подхода к различным зернам, нанесение всех зерен минерала на одну сетку, может так запутать получаемую после обработки данных диаграмму, что разобраться в ней уже не удастся.

**Статистическая обработка замеров.** Замеры наносятся на сетку Шмидта (рис. 114), вернее — на восковку, наложенную на сетку, для каждого минерала отдельно. Сетка Шмидта позволяет определить относительную густоту распределения замеров и дает возможность последующей обработки диаграмм. Точки, лежащие на линии круга, наносятся только в одном месте на любом конце диаметра сетки.

На сетке проводятся направления осей *a*, *b*, *c*, обозначается плоскость *S*.

После нанесения замеров на сетку (восковку) получаем на последней множество точек, распределенных неравномерно на площади круга. Неравномерность распределения точек характеризует степень совершенства ориентировки. Равномерное распределение точек указывает на отсутствие ориентировки.

Такая диаграмма уже позволяет обнаружить закономерности ориентировки, в особенности если последняя совершенна. В большинстве случаев эту точечную диаграмму подвергают обработке — вычислению.

<sup>1</sup> За исключением тех случаев, когда для замера какого-нибудь кристаллографического направления необходим шлиф по другому направлению (например,  $\perp a$ ), чем принятое для всех других шлифов (например,  $\perp b$ ).



Рис. 113. Обозначение ориентировки на образце, взятом для приговления ориентированного шлифа

Для обработки диаграмм употребляется миллиметровая бумага или, лучше, специальная сантиметровая квадратная сетка, приготовленная на белой бумаге, представляющая собой квадрат со стороной не менее 20 см (диаметр сетки Шмидта), расчерченный линиями через 1 см по обоим направлениям.

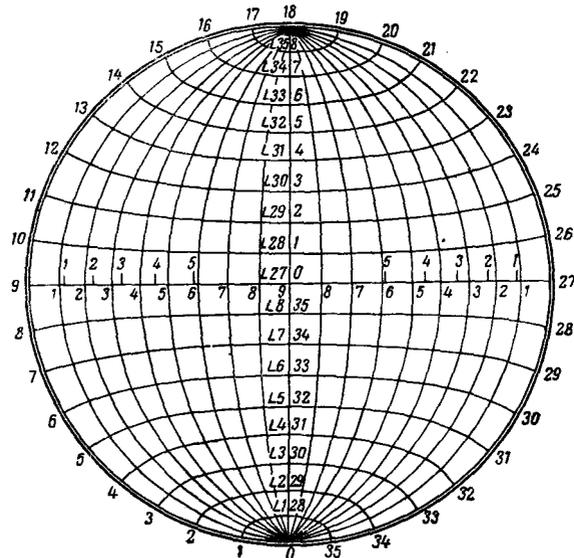


Рис. 114. Сетка Шмидта

в центре кружка около узла сантиметровой сетки (рис. 115).

Такой подсчет производится для каждого узла сантиметровой сетки. Каждая точка диаграммы, таким образом, несколько раз попадает в подсчет. В тех узлах, в которых в кружок не попадает ни одной точки, пишется 0.

Для узлов, лежащих на периферии круга, часть кружка будет выходить за пределы круга сетки. Для подсчета точек в этих узлах употребляется специальная целлулоидная линейка с двумя кружками на ее концах, с прочерченной вдоль нее средней линией и центром. Для подсчета в узлах, лежащих на круге сетки, линейку накладывают центром на центр сетки (точечной диаграммы).

Подсчитывают количество точек в каждом из кружков на обоих концах линейки, и сумму записывают в углах сетки в обоих кружках (рис. 116). Если узел не лежит на круге, но часть кружка выходит за пределы круга, подсчет производят также в обоих кружках и цифры суммируют; сумму записывают в узле сетки на одной стороне диаграммы, поскольку узел в центре второго кружка выходит за пределы сетки (рис. 117).

Каждую из цифр в узлах сетки делят на общее количество точек и умножают на 100. Полученные цифры, выражающие в процентах количество точек, приходящееся на 1% площади круга, т. е. плотность точек в процентах, пишут в тех же узлах сантиметровой сетки. После этого на диаграмме проводят изолинии плотностей точек через 0,5%, 1% или 2% в зависимости от степени желаемой точности (рис. 118).

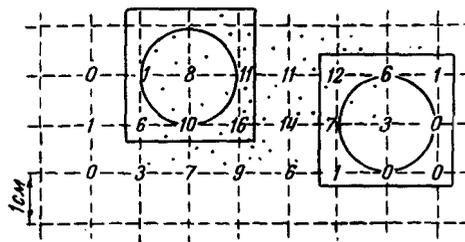


Рис. 115. Подсчет густоты точек на точечной диаграмме с помощью сантиметровой сетки и кружка

Восковку с нанесенными на ней замерами накладывают на сантиметровую сетку, и при помощи ее вычисляют плотность точек на всей площади круга.

Для подсчета служит кружок, вырезанный в плотной бумаге или в целлулоидной пластинке, площадь которого равна 1% площади сетки. Диаметр такого кружка равен 2 см. Кружок накладывают на восковку так, чтобы его центр совпал с узлом подложенной под восковку сантиметровой сетки. Все точки, оказавшиеся в пределах кружка, подсчитывают, и число их пишут

Максимумы обычно отмечают штриховкой или зачерняют их. Окончательный вид диаграммы показан на рис. 119—121.

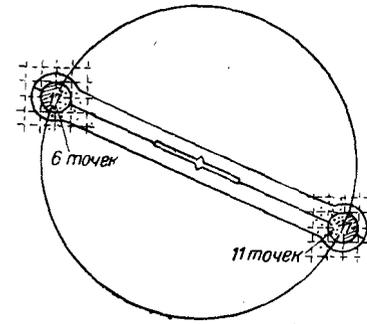


Рис. 116. Подсчет густоты точек на точечной диаграмме для узлов, лежащих на периферии круга, с помощью специальной линейки

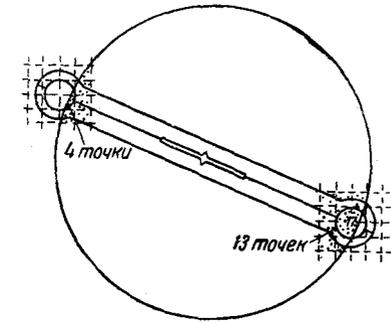


Рис. 117. Подсчет густоты точек на точечной диаграмме для узлов, лежащих близ периферии круга

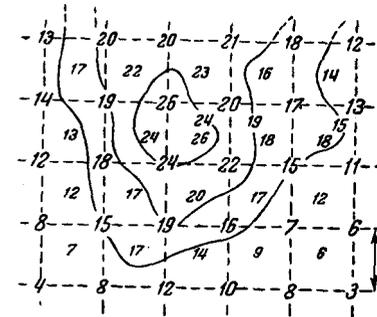


Рис. 118. Способ проведения изолиний плотностей. Цифры в середине квадратов получены интерполяцией

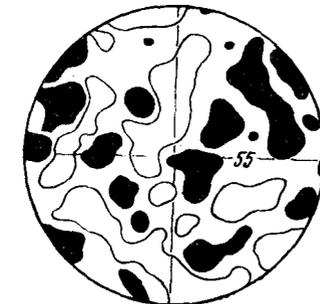


Рис. 119. Диаграмма изотропных структур (ориентировка отсутствует)

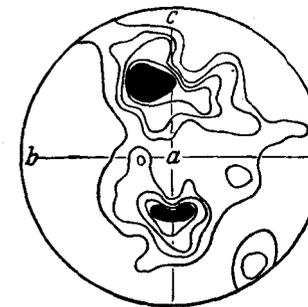


Рис. 120. Диаграмма S-тектонита

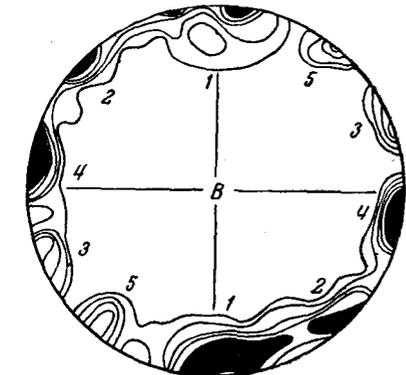


Рис. 121. Диаграмма B-тектонита

Характерной особенностью диаграмм является их симметрия, отражающая симметрию структуры породы. Различаются структуры: 1) изотропные, не ориентированные (рис. 119); 2) анизотропные, ориентированные (рис. 120—121).

Различный механизм дифференциальных движений приводит к различным типам ориентировки минералов, в связи с чем различаются  $S$  — тектониты (рис. 120),  $B$  — тектониты и  $R$  — тектониты. Диаграммы  $B$ - и  $R$ - тектонитов имеют ясно выраженный пояс (рис. 121).

Микроструктурный анализ предполагает прежде всего тщательное детальное изучение всех макроструктур: слоистости, кливажа, кристаллизационной сланцеватости, плейчатости, трещин и т. д., и их пространственного положения. Все эти структуры должны быть зарисованы и описаны, места взятия образцов для ориентированных шлифов изучены особенно внимательно и отмечены на зарисовках. Крайне важны наблюдения над линейностью и ориентировкой минералов, особенно в мелких складках.

Применение микроструктурного анализа необходимо:

1. Для решения вопроса о времени образования минералов по отношению к складчатости (дотектоническая, одновременная и послетектоническая кристаллизация).

2. Для определения сланцеватости и направления дифференциальных движений при изучении неясно сланцеватых пород.

3. При изучении контактов с интрузивами для решения вопроса о приспособленных структурах и о характере контакта (интрузивный или тектонический).

4. При изучении контактов разновозрастных структур, в частности контактов древних гранитов и гнейсов с более молодыми складчатými толщами (например контактов архея с протерозоем), для решения вопроса о наложении молодых деформаций на более древние и о приспособленных структурах.

Этим же методом могут быть решены и многие другие вопросы, в частности о механизме образования складок (складки изгиба и складки скальвания). При анализе борозд на зеркалах скольжения он применяется для решения вопроса о направлении перемещений, что имеет прямое отношение к структуре рудных полей и т. п.

Метод микроструктурного анализа еще не настолько прост и разработан, чтобы можно было предложить готовые схемы решений различных задач, но значение его уже очевидно и им следует пользоваться в случае необходимости детальной расшифровки строения площадей или, тем более, рудных полей, образованных метаморфическими породами.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ажгире й Г. Д. Петротектоника. Реферат статьи Э. Б. Кнопф. Тр. МГРИ, т. XV, 1939.
- Баклунд О. О. О принципах подразделения докембрия. Тр. XVII сессия Межд. геол. конгр. (СССР), т. II, 1939.
- Грубенман У. и Ниггли П. Метаморфизм горных пород. Общая часть. Георазведиздат, 1933.
- Елисеев Н. А. Ожигинский И. С., Володин С. Н. Геологическая карта Хибинских тундр. Тр. Лен. геол. упр., вып. 19, 1939.
- Полканов А. А. Метаморфизм горных пород. КУБУЧ, 1931.
- Полканов А. А. Геологические исследования в районах магматических и метаморфических пород. ОНТИ, 1934.
- Полканов А. А. Основные черты геологии восточной части Фенноскандии — Кольского полуострова и Карелии и очередные проблемы геохронологии по радиоактивному распаду. Юбилейн. сборник в честь акад. В. И. Вернадского, т. I, АН СССР, 1936.
- Полканов А. А. Принципы и методы стратиграфии докембрия. Геологический очерк Кольского полуострова. Тр. Арктич. инст., т. VIII, Геология, 1936.
- Пэк А. В. Трещинная тектоника и структурный анализ. АН СССР, 1939.
- Пэк А. В. О механизме возникновения сланцеватости. Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1940.
- Судовиков Н. Г. Материалы по петрологии западного Беломорья. Тр. Лен. геол. упр., вып. 19, 1939.
- Фурмарье П. Общие соображения о развитии сланцеватости в складчатых толщах. Тр. XVII сессии Межд. геол. конгр. (СССР), т. I, 1937.
- Харкер А. Метаморфизм. ОНТИ, 1937.

## ГЛАВА IX

### ПОИСКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ГЕОЛОГО-СЪЕМОЧНЫХ РАБОТАХ

Геологические данные, позволяющие определить площади, благоприятные для нахождения полезных ископаемых, являются геологическими предпосылками для поисков. Различают предпосылки: 1) магматические, 2) литологические, 3) стратиграфические и 4) тектонические. К числу предпосылок следует отнести любые сведения о наличии в районе проявлений полезных ископаемых.

Непосредственные указания на наличие полезного ископаемого называются прямыми поисковыми признаками. К ним относятся: выходы полезных ископаемых на поверхность, следы старинных разработок, обломки пород или минералов, являющихся полезными ископаемыми, и ореолы рассеяния последних.

Для других геологических факторов установлена лишь возможность их связи с полезными ископаемыми. Это будут косвенные поисковые признаки. Сюда относятся: окологорные изменения пород, наличие обожженных пород, характерная окраска пород, особенности форм рельефа, благоприятные типы тектонических структур.

Прямые поисковые признаки, все без исключения, должны быть проверены в процессе геологической съемки. С этой целью проходят горные выработки, по которым производят опробование полезного ископаемого. Горными выработками или буровыми скважинами полезное ископаемое должно быть вскрыто в коренном залегании. Для изучения ореола рассеяния полезного ископаемого при геологической съемке применяют шлиховой метод опробования и металлометрические съемки.

Косвенные поисковые признаки при геологической съемке также должны тщательно изучаться, чтобы установить их связь с полезными ископаемыми. Особое внимание следует обращать на зоны измененных пород, которые в случае недостаточной обнаженности необходимо вскрыть горными выработками или буровыми скважинами. При исследовании таких зон применяются и геофизические методы поисков, обычно наименее трудоемкие, например аэромагнитная и наземная магнитная съемки в зонах развития скарных или измененных ультраосновных пород. Более трудоемкие геофизические методы применяются лишь после геологической съемки, которая определяет и ограничивает площади для поисков.

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ПОИСКОВ

Распределение в земной коре месторождений полезных ископаемых закономерно: оно обусловлено историей геологического развития данной области. Следовательно, на основании изучения геологического строения

и геологической истории района можно судить о полезных ископаемых и даже типах их месторождений, какие наиболее вероятны для этого района. С этой точки зрения мы говорим о геологических предпосылках для поисков, а выявление этих предпосылок является первой и самой важной задачей геолого-съемочных работ.

Совершенно очевидно, что знание геологических предпосылок имеет большое практическое значение для геолого-разведочного дела: оно дает ключ к использованию геологической карты в качестве основы для направления поисков и перспективной оценки сырьевых ресурсов. Зная геологические предпосылки, геолог может проводить свои наблюдения наиболее целеустремленно, сосредоточивая внимание на наиболее важных для поискового дела геологических явлениях, а также на определенных поисковых признаках.

В настоящее время в СССР уже нет таких мест, о геологическом строении которых нельзя было бы составить хотя бы приближенное представление. Поэтому еще до начала геолого-съемочных работ должны быть проанализированы все геологические предпосылки для поисков полезных ископаемых и выделены наиболее интересные в этом отношении площади. В процессе геолого-съемочных работ эти предпосылки должны быть проверены и уточнены.

Вопрос о закономерностях локализации месторождений полезных ископаемых давно интересовал и горных деятелей, и ученых. По мере того как шло развитие учения о месторождениях полезных ископаемых, различным геологическим факторам поочередно придавалось решающее значение в этом вопросе. В конце прошлого столетия, когда среди геологов господствовала латераль-секреционная теория происхождения месторождений полезных ископаемых из вадозных вод, главная роль в локализации оруденения отводилась литологическому составу вмещающих пород. Как только эта теория уступила место теории магматогенного происхождения рудоносных растворов, главную роль стали приписывать магматическому контролю.

Наконец, лет 15—20 назад большинство геологов, в особенности американских, стало считать, что основным фактором локализации месторождений являются тектонические структуры.

Однако, имея в виду взаимосвязь и взаимообусловленность геологических явлений, мы в равной мере должны учитывать все четыре группы геологических факторов, контролирующих распределение оруденения: магматические, литологические, стратиграфические и тектонические (структурные).

Локализация месторождений в земной коре определяется совместным действием всех четырех факторов, но в отдельных случаях роль некоторых из них преобладает. Например, для месторождений эпигенетических главную роль играют факторы структурного (тектонического) контроля, для сингенетических месторождений, в особенности для осадочных, — факторы стратиграфического и литологического контроля, а остальные факторы играют второстепенную роль.

**Магматические предпосылки.** С определенными группами изверженных пород генетически связаны определенные группы полезных ископаемых. Поэтому развитие на данном участке тех или иных изверженных пород указывает на возможность нахождения здесь определенных полезных ископаемых.

Магматические предпосылки могут иметь общий характер, если они основываются на всей сумме геологических знаний о связи полезных ископаемых с определенными изверженными породами, или региональный характер, если установлена связь оруденения с интрузиями строго определенного типа или возраста лишь для изучаемого района или соседних с ним.

Прежде всего следует отметить значительную разницу в характере пространственной связи месторождений с основными, ультраосновными и отчасти щелочными изверженными породами, с одной стороны, с кислыми и средними — с другой.

Месторождения первой группы залегают внутри массива и реже в его внутренней контактовой зоне; месторождения второй группы, наоборот, приурочены преимущественно к внутренней и внешней контактовым зонам и часто находятся даже вдали от материнской интрузии.

Отсюда вытекают следующие общие правила. Поиски таких полезных ископаемых, как платина и минералы платиновой группы в коренном залегании, хромшпинелиды, медно-никелево-платиновые и титано-магнетитовые руды, асбест, корунд, тальк и др., генетически связанных с основными и ультраосновными интрузиями, а также месторождений апатита, корунда, флюорита, циркона, лопарита, эвдиалита, ловчоррита, сфена, генетически связанных с интрузиями щелочных пород, следует сосредоточивать внутри интрузий или в ближайших к интрузиям частях контактовых зон. Поиски же месторождений, связанных со средними и кислыми интрузиями, требуют наиболее внимательного обследования контактовых зон, как внешних, так и внутренних. Такие контактовые зоны часто включают месторождения разнообразных металлов, а именно молибдена, вольфрама, олова, висмута и др. Сравнительно небольшая ширина контактовых зон достаточно точно ограничивает площадь, наиболее интересную в практическом отношении и заслуживающую особого внимания при геологических съемках. Но нельзя забывать, что часто и в значительном удалении от массивов, вне зон контактоизмененных пород, встречаются месторождения цинка, свинца, серебра и неметаллов (мусковита, флюорита, корунда и др.).

Выяснение закономерностей пространственного распределения месторождений вокруг массивов кислых и средних изверженных пород не только представляет теоретический интерес, но имеет также исключительное практическое значение в поисково-разведочном деле. Изучением этого вопроса занимались и занимаются многие советские и зарубежные геологи. Однако он еще далек от полного разрешения. В настоящее время можно говорить лишь о преимущественном расположении месторождений вблизи определенных массивов, не придавая, однако, широко известным схемам А. Е. Ферсмана, В. Эммонса и др. исчерпывающего значения.

Наиболее плодотворной является идея С. С. Смирнова о связи месторождений полезных ископаемых с особо характерными, так называемыми специализированными, интрузиями.

Действительно, в рудных районах часто наблюдается, что определенному типу или возрасту изверженных пород соответствует и определенная металлоносность. Так, установлено, что в некоторых районах оловорудные месторождения пегматитового и кварцево-касситеритового типа связаны с кислыми и сверхкислыми магмами, в которых среди щелочей преобладает калий, а месторождения сульфидно-касситеритового типа связаны с магмами умеренно кислого состава (гранодиориты, кварцевые монзониты). Точно так же в некоторых районах почти все послекюрские интрузии оказываются золотоносными, тогда как в других районах наиболее золотоносными являются нижнемеловые граниты.

Выделение подобных продуктивных типов изверженных пород имеет большое значение для поисков. Однако они установлены лишь для некоторых рудных районов. Чаще геологу приходится решать этот вопрос самостоятельно, на месте работ. В этом случае следует обратить особое внимание на изучение особенностей тех изверженных пород, с которыми связаны ранее известные месторождения: эти породы могут проявить свою продуктивность и на других площадях.

Во всех случаях, когда для данного рудного района установлен продуктивный тип изверженных пород, последние должны быть особенно тщательно изучены и показаны на геологической карте в качестве предпосылки для возможного нахождения месторождений соответствующего типа.

**Литологические предпосылки.** Литологический состав вмещающих пород играет существенную роль в образовании ряда месторождений как рудных, так и нерудных полезных ископаемых.

Особенно большое значение литологические предпосылки имеют для месторождений осадочного происхождения. Для ряда месторождений строительных материалов (карбонатные породы, глины, пески, гипсы) литологический состав не только является прямым поисковым признаком, но и определяет качественную характеристику самих месторождений.

Для поисков нефти специальное значение имеют коллекторские свойства пород: зернистость, пористость и проницаемость, а также наличие в осадочной толще непроницаемых слоев, предохраняющих залежи нефти от разрушения.

Для распознавания и выделения угленосных отложений среди безугольных пород большое значение имеет литология. Во многих случаях непосредственно в почве угольного пласта или в 20—30 см ниже почвы залегает неслоистая глинистая или песчано-глинистая порода, переполненная остатками корневых систем растений. Эту породу, которую горняки называют «кучерявчик» за ее характерную текстуру, обусловленную переплетением остатков корневищ, считают остатками погребенной почвы болота, в котором образовался торфяник, превратившийся затем в залежи угля. Хотя уголь и представляет собой образование определенной, а именно болотной фации, однако на основании одного только анализа фациального состава какой-либо серии пород нельзя установить, имеем ли мы дело с угленосными или безугольными отложениями (если, конечно, не обнажаются непосредственно слои угля или «кучерявчика»). Для разреза угленосной толщи более характерно ее строение, нежели состав: слоистость и смена по вертикали одних пород другими.

Наличие в разрезе пластов типичных морских известняков небольшой мощности, перемежающихся с отложениями других фаций, не является еще отрицательным поисковым признаком, хотя сами по себе морские отложения для нахождения углей бесперспективны. Появление в угленосной толще пластов известняка заметной мощности и значительное увеличение их количества, как показывает опыт Донецкого, Подмосковного, Кизеловского и других бассейнов, указывая на уменьшение угленосности, являются отрицательными предпосылками для поисков.

То же можно сказать и относительно типичных континентальных образований в составе угленосных отложений: однообразные толщи конгломератов, песчаников, песков, глин характерны для безугольных свит. Широкое распространение интрузивов более молодых, нежели угленосная толща, понятно, снижает перспективность поисков на уголь. Жильные и эффузивные породы, участвующие в геологическом строении ряда угленосных районов СССР, осложняя это строение, приводят к резкому снижению качества углей. Поэтому широкое распространение жильных и эффузивных образований в угленосной толще — неблагоприятный фактор в оценке перспектив ее промышленной угленосности. Высокая степень метаморфизма пород исключает возможность нахождения среди них ископаемых углей, так как последние легко поддаются метаморфизму и уже на первых ступенях метаморфических изменений превращаются в графитизированные угли и графиты (например, Полтаво-Брединский и Домбаровский угленосные районы на восточном склоне Урала).

Важное значение литология имеет при поисках бокситов, осадочных руд марганца и железа, месторождений фосфоритов, ископаемых солей и т. п.

Наибольшее промышленное значение имеют осадочные месторождения марганца морского происхождения, которые в громадном большинстве связаны с химическими осадками кремнезема (опоки, яшмы, спонголиты) и редко с марганцовистыми карбонатными породами. Месторождения марганца, залегающие среди континентальных отложений (озерных, болотных, речных), имеют второстепенное значение.

Месторождения ископаемых солей связаны с лагунными фациями осадочных пород, характеризующихся наличием кристаллов и блоков гипса вместе с ангидритом.

Для постановки поисков эндогенных рудных месторождений литологический состав пород имеет также большое значение. Совместное нахождение в районе карбонатных толщ и кислых и средних изверженных пород является благоприятной предпосылкой для нахождения ряда полезных ископаемых.

Так, с известняками и доломитами во многих рудных районах связаны полиметаллические, медные, оловянные, вольфрамовые, молибденовые, сурьмяные и другие месторождения контактово-метасоматического (скарнового) и гидротермального типов. При этом надо иметь в виду, что иногда рудоносными являются не все пласты карбонатных пород, а только некоторые, приуроченные к определенным стратиграфическим горизонтам. В таком случае используются литологические и стратиграфические предпосылки для поисков руд. Иногда оруденение концентрируется в карбонатных (или других) породах независимо от их стратиграфического положения. Если слои этих пород повторяются несколько раз в разрезе, то могут образоваться многоэтажные рудные скопления.

С карбонатными породами связана во многих районах также концентрация нерудных полезных ископаемых эндогенного происхождения (асбест, тальк, флогопит, наждак и др.).

Следует также иметь в виду, что если в некоторых районах оруденение, например полиметаллическое, приурочено почти исключительно к карбонатным породам, при отсутствии его в алюмосиликатных породах (Кара-Тау), то в других районах — наоборот, к алюмосиликатным, при отсутствии его в карбонатных (Салаир).

Благоприятной предпосылкой является наличие экранирующих пород (глинистых сланцев, мелкозернистых кварцитов), расположенных вблизи массивов изверженных пород. Затрудняя или даже преграждая пути дальнейшей циркуляции рудных растворов, экранирующие породы заставляют их «сбрасывать» большую часть несомого ими полезного груза. Например, экранирующая роль глинистых пород проявляется в том, что полиметаллическое оруденение особенно часто концентрируется в известняках и доломитах вблизи контакта их с глинистыми сланцами или мергелями.

Некоторые рудные месторождения приурочены к эффузивным породам, как, например, большинство многочисленных медноколчеданных месторождений Урала, а также жильные медно-кобальтовые месторождения.

Преимущественно в кварцево-полевошпатовых кристаллических сланцах залегают пегматиты с промышленным мусковитом.

**Стратиграфические предпосылки.** Стратиграфические предпосылки часто играют большую роль при поисках месторождений, особенно осадочного происхождения, хотя в ряде случаев (эффузивные толщи) стратиграфическому горизонту бывают подчинены некоторые месторождения эндогенного происхождения. Выше уже отмечалась связь колчеданных месторождений Урала с эффузивными породами силуро-девонского возраста. Общеизвестна приуроченность крупнейших железорудных месторождений типа железистых кварцитов к свитам докембрийского возраста. Детальное изучение стратиграфической колонки архейских пород Алданского массива позволило выделить свиты, наиболее благоприятные для поисков месторождений флогопита.

Месторождения полезных ископаемых осадочного происхождения, как ископаемые угли, сланцы, нефть, соли, бокситы, железные и марганцевые руды, фосфориты и др., приурочены к определенным по стратиграфическому положению свитам пород. Выделение таких продуктивных свит в стратиграфическом разрезе и прослеживание их — главные задачи геолого-съёмочных работ. Образование ряда месторождений полезных ископаемых связано с континентальными перерывами в отложении осадочных пород (как, например, бокситы, каолины, силикатные руды никеля), с морскими трансгрессиями и регрессиями (бокситы, фосфориты, руды марганца). Поэтому при геологическом картировании с точки зрения поисков необходимо особое внимание обращать на выявление стратиграфических перерывов.

При анализе стратиграфических предпосылок надо иметь в виду следующие ограничения:

а) Стратиграфические предпосылки должны оцениваться в соответствии с литологическим составом пород, слагающих данную свиту.

б) Стратиграфические предпосылки характерны для определенных регионов, в которых сохраняется та или иная стратиграфическая закономерность распределения месторождений полезных ископаемых. Для поисков важно установить и эти границы. Поясним сказанное примером.

На территории СССР известны месторождения ископаемых углей в отложениях почти всех геологических систем. Если оставить в стороне кембрийские, силурийские и девонские угли, распространение которых ограничено, угли всех прочих систем имеют почти одинаково важное промышленное значение. При этом для каждого крупного района можно выделить определенные стратиграфические подразделения, которым в этом районе только и подчинены угленосные отложения. Для некоторых районов устанавливается не один, а два, три периода углеобразования, причем довольно отчетливо выделяется из них один, главный, наиболее важный в промышленном отношении (табл. 11).

Таблица 11

Геологические районы	Периоды и эпохи угленакопления	Периоды и эпохи угленакопления, к которым относятся главные месторождения
Украина	Нижнекаменноугольная, третичный, меловой	Третичный
Донбасс	Каменноугольный, третичный	Средне- и верхнекаменноугольная, нижнекаменноугольная в западной части бассейна
Подмосковный бассейн	Каменноугольный	Нижнекаменноугольная
Печорский бассейн	Каменноугольный, пермский	Пермский
Урал	Каменноугольный, триасовый, юрский, меловой, третичный	Нижнекаменноугольная, триасовый
Кавказ, Крым	Каменноугольный, юрский, третичный	Юрский
Средняя Азия	Каменноугольный, юрский	Юрский
Казахстан	Каменноугольный, пермский, юрский	Нижне- и среднекаменноугольная
Западная и Центральная Сибирь	Каменноугольный, пермский, юрский, третичный	Среднекаменноугольная, пермский, юрский
Восточная Сибирь	Юрский	Юрский
Дальний Восток, Камчатка, Сахалин	Пермский, триасовый, меловой, третичный	Меловой, третичный

Совершенно очевидно, что приуроченность угленосных отложений к определенным стратиграфическим подразделениям, для некоторых рай-

онов и бассейнов установленная с точностью до яруса, имеет существенное поисковое значение. Эта закономерность позволяет при геологической съёмке довольно точно ограничить площади распространения угленосных отложений. Подобную же закономерность следует иметь в виду, конечно, и в отношении осадочных месторождений железа, марганца, фосфоритов, солей.

**Тектонические предпосылки.** Тектонические движения существенно определяют всю историю геологического развития данного участка земной коры и, следовательно, в конечном счете размещение месторождений полезных ископаемых. Тектонический анализ изучаемого района имеет поэтому важное значение и при выявлении геологических предпосылок для поисков месторождений. Правильная оценка рассмотренных выше магматических, литологических и стратиграфических предпосылок прежде всего зависит от того, находится ли изучаемый район в складчатой области, или он принадлежит к платформе. Известно, что обильные проявления магматической деятельности характерны для складчатых областей, к которым почти исключительно и приурочены разнообразные рудные и нерудные месторождения эндогенного происхождения. Но для этих же областей характерны разного рода вторичные изменения и метаморфизация пород, что может приводить к разрушению месторождений ряда полезных ископаемых.

Для платформ характерны месторождения осадочного происхождения: нефти, угля, карбонатного сырья, марганца, иногда фосфоритов и бокситов.

Области перехода складчатых областей в платформы характеризуются наличием пологих, плавных складок и куполовидных структур, благоприятных для образования месторождений нефти, солей и высококачественных углей.

Как известно, характер тектонических движений в каждом районе меняется: область интенсивной складчатости со временем может стать платформой. Для ряда районов может быть установлено многоэтажное тектоническое строение. Анализ таких структур обязателен при геологической съёмке, так как в одном и том же районе к отдельным структурным этажам могут быть приурочены совершенно разные месторождения полезных ископаемых, с различной закономерностью размещения их в каждом этаже.

В связи со стремлением вскрыть закономерную связь размещения месторождений магматического происхождения с тектонической характеристикой крупных областей возникло учение о металлогении, металлогенических поясах, провинциях и узлах.

Давно уже подмечено, что минеральные месторождения крайне редко встречаются изолированно. Обычно месторождения одного типа группируются в определенном районе, объединенном общностью геологического строения, образуя при этом так называемую металлогеническую (минералогеническую) провинцию, внутри которой обычно могут быть выделены более мелкие единицы (рудные пояса).

В свою очередь разновозрастные и сходные по характеру металлогенические провинции обычно группируются в еще более крупные единицы — металлогенические пояса, совпадающие с крупнейшими структурными элементами земной коры. Прекрасным примером подобного пояса является выделенный С. С. Смирновым Тихоокеанский пояс.

Образование металлогенических провинций определенного типа обусловлено тектоническими и магматическими факторами, т. е. определенным ходом тектонического и магматического развития, приводящим на тех или иных этапах к возникновению на глубине именно тех магматических очагов, с которыми связано начало оруденения данного типа. Группировка сходных металлогенических провинций в металлогенические пояса определяется общими закономерностями, вызывающими примерно

одинаковый ход геологического и металлогенического развития на огромных участках земной коры. Распределение внутри металлогенических провинций рудных поясов, как особо благоприятных для локализации оруденения структур, рудных узлов и отдельных месторождений определяется непосредственно факторами структурно-литологическими, которые сами в значительной мере являются функцией хода тектонического и магматического развития. Анализ всей геологической обстановки данного района позволит отнести его к определенным крупным металлогеническим единицам, что существенно определяет геологические предпосылки для поисков полезных ископаемых.

На примере угольных месторождений можно показать значение анализа тектонических предпосылок при поисках и оценке месторождений осадочного происхождения.

При рассмотрении геологических предпосылок для поисков ископаемых углей надо иметь в виду, что углеобразование — явление регионального порядка. Отсюда следует, что нахождение угленосной толщи определенного возраста в одном месте дает основание искать ее в других пунктах района. Угленосные площади могут состоять из генетически изолированных месторождений, относящихся, однако, к одной и той же эпохе образования. Области сплошного развития разновозрастных угленосных толщ (угленосные бассейны) могут быть разделены на изолированные месторождения в результате последующих тектонических движений, современного или древнего размыва. Установив угленосную толщу в том или ином районе, мы всегда должны ожидать встретить ее на близлежащих площадях. При этом надо иметь в виду другую закономерность — региональную изменчивость и зональность строения, присущую угленосным образованиям, а именно: угленосная толща, распространенная в области геосинклинали, будет резко и во многом отличаться от угленосной толщ того же самого возраста в пределах платформы.

При геолого-съемочных работах приходится иметь дело главным образом с более мелкими по масштабу тектоническими структурами, которые, однако, имеют крупное значение для поисков месторождений эндогенного происхождения. Такими структурами являются разломы, сопровождающиеся внедрением изверженных пород, несущих определенное оруденение, например разломы Главного Кавказского хребта на его северном и южном склонах. Почти от Военно-Грузинской дороги через верховья р. Риона до Абхазии, в западно-северо-западном направлении, прослеживается крутой надвиг длиной около 200 км. Вблизи зоны надвига и на расстоянии 0,5—1,5 км от нее во все стороны зарегистрировано значительное количество различных месторождений: арсенопирита, молибдена, вольфрамита, антимонита и др. На Северном Кавказе большой разлом прослеживается от р. Кубани до р. Терека (длиной свыше 100 км). Вблизи разлома также обнаружено значительное количество месторождений.

Большой пояс — разлом, известный в литературе под названием «важнейшей структурной линии Тянь-Шаня» (длиной около 1200 км), пересекает хребет Кара-Тау, проходит через Таласский Алатау и далее к востоку в районе оз. Сон-Куль и южнее — в хребте Терской-Алатау. Мощность зоны этого разлома колеблется от нескольких сот метров до десятка километров, причем интрузивные тела располагаются как внутри, так и по обеим сторонам зоны. Распределение интрузий, находящихся в различных условиях эрозионного среза, отчетливо контролирует оруденение данной зоны.

Мы отметили значение крупных тектонических структур в качестве геологических предпосылок для поисков. Для правильной постановки геолого-съемочных работ анализ геологического материала с учетом указанных предпосылок необходимо производить до начала работ.

Поисковое значение таких структурных единиц (тектонических зон, разломов, надвигов) обычно не ограничивается ближайшей полосой, а расширяется иногда до десятков километров, в соответствии со сферой влияния внедрившихся интрузий. Эти структуры часто осложнены более мелкими поперечными или диагональными тектоническими линиями — структурами второго порядка, которые главным образом и контролируют рудные месторождения.

Для нахождения месторождений полезных ископаемых, генетически связанных с изверженными породами, особенно интересны участки, представляющие собой узлы пересечения различных структур. Сложная тектоника этих ослабленных участков с обильной трещиноватостью весьма благоприятна для образования месторождений полезных ископаемых. Вообще нахождение участков (зон, поясов), ослабленных и обильно инъецированных жилами, является благоприятным признаком для поисков здесь месторождений.

Существенно важно различать сбросовые движения: дорудные, одновременные с рудообразованием и послерудные. Послерудная тектоника не влияет на образование рудных тел, она сказывается на условиях их залегания.

Таким образом, ослабленные участки приобретают особенно большое поисковое значение при двух условиях: 1) наличии рудной минерализации в данном районе и 2) образовании указанных участков до рудной минерализации или одновременно с ней.

Изучению трещинной тектоники, характера трещин и систем трещин при геолого-съемочных работах геолог должен уделять самое пристальное внимание.

В складчатых структурах рудные месторождения приурочены во многих случаях к сводам складок, по преимуществу к сводам куполов и антиклиналей. В тех случаях, когда наблюдается чередование сжатых антиклиналей и синклиналей, мы можем предполагать, что под упругими пластами антиклиналей и над упругими пластами синклиналей образуются ослабленные зоны, а по внешнему выгибу складок (т. е. вблизи замковой части складок) возникают разрывы.

Если район во время или после складкообразования подвергался минерализации, то ослабленные седловидные зоны складок и связанные с ними разрывы, естественно, являлись тем местом, которое было наиболее благоприятным для отложения минерализованных жил. Поэтому шарнирные части антиклиналей и синклиналей заслуживают особого внимания при поисках месторождений.

Седловидные и сопряженные с ними трещинные (обычно крутопадающие) жилы, кроме того, часто встречаются в местах погружения складок. Брахиантиклинали, созданные резким погружением шарнира складок, являются участками, перспективными в отношении месторождений полезных ископаемых.

Форма и размеры интрузий, а также положение исследуемого участка в отношении интрузивного тела имеют иногда значение косвенных поисковых признаков.

Известно, например, что месторождения олова, молибдена, вольфрама связаны преимущественно с малыми интрузиями или отпрысками больших интрузий. Для поисков этих месторождений наиболее благоприятными участками являются останцы вмещающих пород в кровле интрузий.

Здесь следует еще упомянуть о связи некоторых месторождений полезных ископаемых с массивами определенной структуры. Так, на Урале небольшие массивы ультраосновных пород концентрического строения с ядром, сложенным дунитом и окруженным каймой из пироксенитов типа диаллага или косвита, подчиненные обширной интрузии пород типа габбро, являются структурами, благоприятными в отноше-

нии возможной платиноносности. Платиноносность связана здесь с дунитовым ядром, которое и заслуживает особого внимания геолога при поисках хромитовых гнезд, часто содержащих платину.

Расслоенность массивов ультраосновных и основных пород благоприятна в отношении возможного нахождения здесь скоплений сернистых руд никеля и платины. При этом сульфидные вкрапленники оказываются приуроченными к определенным горизонтам, чаще у дна интрузии, иногда у ее кровли, или контролируются горизонтом определенного петрографического состава. При наличии расслоенных интрузий поисковая задача геолога и заключается прежде всего в том, чтобы найти в разрезе такой интрузии рудный горизонт.

Подмечено, что разнообразие состава эффузивных лавовых покровов благоприятно для образования сульфидных медно-никелевых и железорудных месторождений.

В связи с этим разнообразие состава покровных траппов должно привлекать внимание геолога как благоприятный признак для поисков медно-никелевых и магнетитовых месторождений.

Для осадочных месторождений (например, нефти и газа) существенное значение как поисковый признак приобретают структуры второго порядка. Обязательным условием для образования этих месторождений является наличие структурных «ловушек», которыми могут быть антиклинальные складки или купола и пласты, запечатанные поверхностью тектонического нарушения при сбросах или надвигах или вследствие стратиграфического несогласия и стратиграфического и литологического выклинивания (стратиграфические и литологические ловушки).

Брахиантиклинальные складки, в особенности при наличии экранирующих горизонтов, являются благоприятными структурами для ряда гидротермальных месторождений металлов.

Образование угленосных толщ часто бывает обусловлено тектоническими структурами нижележащих толщ. В ряде районов угленосные толщ залегают во впадинах, образованных породами основания. Для некоторых районов установлен тектонический характер этих впадин. Так, на восточном склоне Урала триасовые угленосные толщ залегают в тектонических впадинах, приуроченных к синклиналим структурам палеозоя, третичные угли Башкирии — во впадинах, которые приурочены к выходам гипсоносного кунгура в ядрах антиклиналей. Очевидно, что выявление соответствующих структур обязательно при геолого-съемочных работах в таких областях.

Кроме рассмотренных геологических предпосылок, для правильной постановки поисковых работ должны быть учтены также сведения о ранее известных месторождениях полезных ископаемых и заявки первооткрывателей.

Месторождения полезных ископаемых обычно встречаются группами. Поэтому наличие в районе уже известных месторождений дает предпосылку для поисков других месторождений того же полезного ископаемого. Все известные месторождения должны быть основательно изучены как в период подготовки к полевым работам по литературным данным, так и во время полевых работ в натуре. Особенно тщательно должна быть выяснена геологическая обстановка, в которой находятся известные месторождения, чтобы уточнить геологические предпосылки для нахождения других аналогичных месторождений, а также должны быть определены типы месторождений данного района.

Для открытия новых месторождений существенное значение имеют заявки первооткрывателей и правильно организованный сбор сведений у населения. Правительство всячески поощряет подачу заявок путем премирования за открытие промышленных месторождений. Ценные заявки поступают от охотников, которые в поисках зверя часто проникают в удаленные и труднодоступные районы. Необходимо учитывать,

что только часть заявок поступает в те или иные учреждения. Поэтому нужно собирать не только письменные, но и устные заявки.

Можно рекомендовать сначала ознакомиться со всеми заявками, поступившими в центральные учреждения, районные геологические управления и другие геологические организации, а также с материалом, имеющимся в краеведческих и школьных музеях, затем собрать сведения у охотников, золотоискателей, краеведов и т. д., оформить эти сведения в виде заявок, указывая на возможность получения крупных премий в случае их ценности.

Все заявки о находках полезных ископаемых в районе работ или на близлежащих участках должны быть проверены, весьма желательно — в присутствии самого заявителя. В случае своего подтверждения заявка получает значение прямого поискового признака.

## ПРЯМЫЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

При геолого-съемочных работах нередко выявляются факты, непосредственно указывающие на конкретные проявления полезного ископаемого. Их называют прямыми поисковыми признаками. К последним относятся: 1) коренные выходы полезного ископаемого, 2) старинные ямы и выработки, 3) ореолы рассеяния полезного ископаемого.

**Коренные выходы полезного ископаемого.** Обнаруженный коренной выход залежи полезного ископаемого является непосредственным поисковым признаком, который безусловно должен быть нанесен на карту.

Вместе с тем обнаружение выхода полезного ископаемого еще не означает открытия месторождения. Необходимо провести ряд исследований, сопровождаемых иногда довольно значительным объемом разведочных работ, чтобы определить, какую ценность имеет выход полезного ископаемого — минералогическую или промышленную.

При выходе на поверхность коренные породы подвергаются процессам выветривания и окисления. При интенсивном окислении могут изменяться не только вещественный состав и физические свойства, но также и мощность залежи, форма и условия залегания полезного ископаемого. Во многих случаях эти процессы настолько глубоки, что требуется специальное изучение характера изменений различных полезных ископаемых в окисленной зоне. Только при этом условии можно правильно распознать и оценить выход залежи полезного ископаемого на поверхность. Наибольшему изменению при выходе на поверхность подвергаются месторождения угля, нефти, соли, серы и сульфидных руд.

Угли при выходе на поверхность обычно претерпевают заметные изменения химического состава: уменьшается содержание углерода и серы, увеличивается содержание кислорода, а также происходят изменения физических и технических свойств: увеличиваются зольность, влажность и выход летучих веществ (за счет кислорода) и уменьшается теплотворная способность. Способность угля спекаться при выветривании теряется. Кроме того, уголь растрескивается, разрыхляется, теряет блеск, вязкость и твердость. Однако, пока угольный пласт представлен хотя бы и трещиноватыми, химически измененными, но крупными кусками угля, мощность и строение его остаются без больших изменений. По таким выходам можно составить безошибочное представление о мощности и строении угольного пласта, а внося поправку на изменение химического состава угля, можно сделать заключение и о качестве угля.

В большинстве случаев изменение углей на выходах идет дальше: происходит выщелачивание органического вещества угля. Уголь превращается в сажу, т. е. в порошокобразную землистую массу неорганического вещества, окрашенного гуминовыми кислотами в черно-бурый цвет. При этом изменяются не только мощность угольного пласта, но

и его строение. Заключение о качестве угля, мощности и строении угольного пласта по его сажистому выходу сделать нельзя. Процесс окисления органической массы угля сопровождается изменением окружающих уголь пород: под действием гуминовых кислот происходит осветление, отбеливание боковых пород, образование «меловок».

Следует отметить, что без должной проверки нельзя доверять замерам элементов залегающих по окисленным выходам угольных пластов, так как рыхлая сажа легко поддается оседанию и оползанию.

На водораздельных пространствах, где коренные породы прикрыты небольшой толщей наносов, выходы угольных пластов проявляются на поверхности в виде темных полос в наносах. Эти полосы могут рассматриваться как поисковый признак, указывающий на выход угля под наносами.

Жидкая нефть, выходящая на поверхность в виде источников, явление очень редкое. Чаще встречается нефть в виде пленок и пятен на воде восходящих источников, выносящих нефть с глубины. Когда на поверхность выходят нефтесодержащие пласты, в них наблюдаются продукты выветривания и окисления нефти: скопления густой нефти и кира в виде натеков и бугров, залежи озокерита и асфальта, отдельные включения твердых битумов. Иногда же на выходах нефтесодержащих пород вовсе не наблюдается признаков нефти.

Выход на поверхность соляных структур, известных под названием соляных куполов или штоков, как правило, сопровождается образованием так называемой гипсовой шляпы, сложенной в основном гипсовыми породами, среди которых имеются тонкие прослои глин, песчаников, карбонатных и прочих пород. Мощность гипсовой шляпы обычно измеряется несколькими десятками метров. При геологическом картировании не следует смешивать гипсовые шляпы с выходами обычных гипсовых пород, не имеющих никакой связи с соляными залежами. В каждом отдельном случае этот вопрос можно разрешить общим анализом структуры, а также петрографическим изучением гипсовых пород.

Серные руды при выходе на поверхность подвергаются сернокислотному выветриванию с образованием квасцовой шляпы. Происходит оквасцевание (осветление) вмещающих пород и серных руд. В породах, захваченных сернокислотным выветриванием, наблюдаются реликтовые участки, сохранившие сложение и структуру свежих серных руд и вмещающих пород.

Окисление сульфидных месторождений в поверхностных зонах часто оказывается настолько значительным, что бывает трудно решить вопрос о первичном составе руд, целиком перешедших в окислы и гидроокислы железа и марганца, разновидности кремнезема и различные алюмокремневые соединения. При таком характере окисленных руд бывает также трудно установить, какие руды дали начало подобному окисленному материалу, так как многие силикатные и карбонатные породы в процессах общего выветривания могут дать соединения, вполне аналогичные вышеперечисленным.

Для интерпретации первичного состава окисленных сульфидных руд или, как их называют, «железных шляп» во всех случаях необходимо тщательное и детальное изучение минералогического состава окисленных руд, а также текстуры лимонитов и характера изменения боковых пород.

Важное значение имеет также химический или спектральный анализ лимонитов на такие элементы, которые в них остаются или даже накапливаются (золото, серебро, барий, свинец), или на характерные элементы первичных руд, сохраняющиеся лишь в незначительном количестве (медь, цинк, сера и др.).

При тщательном минералогическом исследовании в железных шляпах почти всегда можно отыскать, хотя бы в ничтожных количествах, характерные минералы, получающиеся в результате окисления сульфидов.

При изучении железных шляп надо иметь в виду следующее:

1. Материал для анализа надлежит брать из горизонтов, расположенных несколько глубже поверхностного слоя, так как последний наиболее сильно выщелочен и может содержать намытый посторонний материал.

2. Значительная неоднородность окисленных руд, наблюдающаяся на выходах в одном и том же горизонте, требует отбора материала из различных пунктов железной шляпы и в возможно большом количестве. Отсутствие в одном пункте минералов, указывающих на первичный состав руд, совершенно не означает, что они не будут встречены в другом, так как в связи с местными особенностями циркуляции вод можно встретить участки, находящиеся в разных стадиях изменения.

3. Шансы найти характерные минералы особенно велики при исследовании разнообразных пустот в окисленном материале: самая форма пустот выщелачивания в стойких породах (кварце, барите) часто весьма убедительно характеризует бывшие здесь минералы. К такого рода пустотам относятся, например, характерные пустоты после выщелачивания кристаллов пирита, антимонита, висмутита, молибденита, арсенопирита.

4. При исследовании при помощи лупы часто можно обнаружить в пустотах ничтожные остатки характерных продуктов окисления, что позволит значительно уточнить вопрос об исходном сульфиде. Среди этих остатков могут оказаться ярозит, плюмбоярозит, бедантит, внешне напоминающие охристые скопления лимонита.

Окисленные монгеймитовые руды, смесь церуссита с лимонитом, лимонитизированные скородиты, кирпичные и смоляные руды — все это при беглом осмотре может быть принято за чисто лимонитовый материал. Поэтому необходимо тщательное исследование под лупой на первый взгляд однородных скоплений.

Проще всего состав первичных руд выясняется нахождением остаточных сульфидов, поискам которых должно быть уделено большое внимание.

Однако при реконструкции первичного состава руды по этим остаточным сульфидам должна быть принята во внимание относительная устойчивость различных сульфидов в различных условиях окисления. Находка, например, многочисленных кристаллов пирита и галенита не указывает на то, что в состав сульфидных руд входили только пирит и галенит: благодаря большой стойкости пирит, а также и галенит, покрывающийся при окислении корочкой англезита или церуссита, могут сохраниться в значительных количествах даже и при полном выщелачивании легко окисляемых сульфидов — пирротина, сфалерита.

Прямые указания на состав сульфидных руд дают находящиеся в зоне окисления минералы тех элементов, которые в первичных сульфидных рудах входят в состав первичных минералов. Так, если в окисленной зоне обнаружены цинксодержащие минералы, то можно рассчитывать в сульфидных рудах встретить сфалерит.

Сложнее обстоит дело с минералами тех элементов, которые могут входить в состав нескольких минералов, встречающихся довольно часто. Так, нахождение малахита, который может явиться продуктом окисления любого широко распространенного медного сульфида, говорит лишь о присутствии меди в сульфидных рудах, не определяя минерального состава руды.

Особенности состава железных шляп сульфидных месторождений, особенно меди и цинка, в значительной мере зависят от присутствия в жильной массе или в боковых породах обычных карбонатов, так как последние замещаются устойчивыми в зоне окисления карбонатами тяжелых металлов.

Трудно встретить зону окисления, которая была бы свободна от ярозита. Присутствие ярозита в заметном количестве однозначно решает вопрос в пользу сульфидного характера исходного материала, образующего железную шляпу. На основании находки ярозита было, например, определено сульфидное происхождение железной шляпы медного месторождения Блява.

Псиломелан (вад) и связанный с ним рядом переходов пиролюзит являются самыми распространенными и самыми важными минералами марганца в зоне окисления. Установление в последней минералов марганца важно в двух отношениях:

1. В сульфидных месторождениях марганец весьма часто ассоциирует с медью, свинцом и цинком. В Восточном Забайкалье присутствие марганцевых минералов в железных шляпах указывает, почти без исключения, на присутствие руд свинца и цинка.

2. Минералы марганца, весьма устойчивые в зоне окисления, очень часто абсорбируют некоторые минералы, давно уже выщелоченные из других частей шляпы, а потому исследование марганцевых минералов часто дает ценные указания на состав первичных руд.

Малахит (и отчасти азурит), минералы группы хризоколлы и близкие к ним, куприт, мелакоцит, супергенные сульфиды (халькозин, ковеллин) и самородная медь являются самыми распространенными минералами меди, которые встречаются в зоне окисления почти каждого медного месторождения, если исключить случай полного выщелачивания этой зоны.

Галенит сравнительно быстро замещается сульфатом — англезитом, который, как рубашкой, покрывает галенит, предохраняя его от дальнейшего изменения. Англезит, являющийся первым продуктом окисления галенита, в присутствии углекислоты оказывается неустойчивым и постепенно замещается карбонатом — церусситом. Последний благодаря совершенно ничтожной растворимости хорошо сохраняется в зоне окисления и является характерным минералом этой зоны. Плюмбозит, внешне очень похожий на ярозит, а также вульфенит, обладающий характерной яркой (от светложелтой до почти красной) окраской, являются обычными минералами зон окисления свинцовых и свинцово-цинковых месторождений.

Сфалерит принадлежит к числу наиболее легко окисляемых сульфидов. Его судьба в зоне окисления зависит от того, в какой среде происходит окисление руд — в карбонатной или некарбонатной. В первом случае цинк может задержаться в окисленной зоне на долгое время в виде смитсонита, растворимость которого ничтожна, или в виде силикатов, главным образом каламина. Во втором случае цинк быстро выносится из зоны окисления.

Смитсонит, являясь самым важным минералом цинка в окисленных рудах, развивается в двух разновидностях — железистой (монгеймит) и нежелезистой. Монгеймит при окислении распадается на смесь лимонита и чистого смитсонита и становится весьма похожим на лимонит. Каламин часто остается последним цинковым минералом в резко выщелоченных и нацело почти лимонитизированных карбонатных рудах.

Золото, в силу своей значительной неподвижности, до некоторой степени обогащает железные шляпы, сохраняясь в них при выщелачивании других минералов. Кераргирит и самородное серебро наблюдаются, несколько обогащая их, в сильно окисленных зонах.

Присутствие скородита в окисленных рудах, как правило, может служить показателем наличия арсенопирита в сульфидных рудах. Можно отметить, что в полиметаллических месторождениях Восточного Забайкалья лимониты, имеющие арсенопиритовое происхождение, обладают обычно яркой окраской, светложелтой и светлооранжевой, отличной от

окраски пиритовых лимонитов, обладающих бурой или кирпично-красной окраской.

Молибденит в зоне окисления переходит в труднорастворимый молибдит. Молибдит или, как его называют иногда, молибденовая охра представляет собой самый обычный продукт окисления молибденитовых месторождений. Форма его проявления весьма характерна: рыхлые скопления мелких тонкоигльчатых кристаллов, развивающихся непосредственно на месте молибденита. Яркая канареечно-желтая окраска и вышеуказанный характер проявления позволяют легко констатировать присутствие молибдита в окисленном материале. Для выходов молибдена также характерны повеллит и розетки выщелачивания в кварцевых жилах.

Сервантит и стибиконит являются наиболее важными минералами сурьмы в зоне окисления. Их растворимость столь ничтожна, что заметного выноса их из зоны окисления не происходит. Иногда наблюдающееся отсутствие антимонитов в поверхностном слое объясняется не их растворимостью, а их механическим выносом, так как они часто образуют весьма тонкозернистые землистые агрегаты, иногда аморфные, часто рыхлые.

Вольфрамовые минералы в зоне окисления сохраняются хорошо. Очень редко разложение и связанное с ним выщелачивание вызывают значительные различия в содержании вольфрама между первичными рудами и рудами зоны окисления. Тунгстит является самым распространенным продуктом разложения вольфрамов в зоне окисления. Обычная форма проявления тунгстита — это канареечно-желтого цвета налеты и охристые агрегаты мелких зерен таблитчатого облика.

Висмутит обнаруживается в зоне окисления почти каждого из соответствующих месторождений и является здесь главным висмутовым минералом.

Касситерит принадлежит к категории минералов, устойчивых даже в зоне окисления специфических сульфидных месторождений. Как правило, наблюдается обогащение этих окисленных руд оловом за счет выноса других, более подвижных элементов.

С. С. Смирнов рекомендует следующие минералы и их комбинации как наиболее надежные для реконструкции сульфидных руд.

Яблочно-зеленый аннабергит и лиловато-розовый эритрин почти без исключения говорят о присутствии в сульфидных рудах арсенидов никеля и кобальта.

Серые, буроватые и желтые землистые разности или корки биндгеймита столь же определенно указывают на сульфоантимониты свинца, реже образуются при совместном окислении галенита и антимонита (или каких-либо сульфоантимонитов меди).

Скородит, за ничтожным исключением, свидетельствует о наличии арсенопирита.

Широкое развитие в окисленных рудах куприта, а равным образом мелакоцита или основных сульфатов меди говорит об окислении богатых медью сульфидов, как халькозин, борнит и т. п.

Совместное развитие желтых до белого кристаллов или светложелтого аморфного стибиконита или сервантита с окисленными минералами меди неизменно указывает на присутствие в рудах сульфоантимонитов меди, и прежде всего тетраэдрита.

Бледножелтый до бурого миметезит и зеленый бедантит указывают на галенит и арсенопирит, розовато-красный и фиолетовый адамин — на сфалерит и арсенопирит, одновременно подчеркивая бедность исходных руд свинцовыми минералами. Марказит явно супергенного происхождения, как правило, указывает на пирротин.

В наиболее сложном и редко встречающемся случае, когда зона окисления представлена только лимонитом, кремнеземом и различными

алюмокремневыми соединениями, неизбежно приходится обратиться к изучению текстурных особенностей лимонитов данного выхода.

Различают ящичную, губковую и некоторые другие, менее характерные текстуры.

Ящичная текстура представляет собой совокупность ячеек, имеющих более или менее одинаковую форму, резко угловатую (что особенно характерно), и приблизительно одинаковые размеры. Такая текстура присуща лимонитам, возникающим в результате окисления халькопирита, борнита, пирита, тетраэдрита, сфалерита и галенита.

Губковая текстура представляет собой совокупность ячеек округлой формы, размеры которых колеблются чрезвычайно резко и которые не создают каркаса, столь характерного для ящичной текстуры. Подобные текстуры обычны для лимонитов, возникающих в результате окисления пирита и в меньшей мере сфалерита, борнита, халькопирита, галенита.

Пользоваться указанными текстурами в целях определения состава первичных сульфидных руд нужно с большой осторожностью, так как характер текстуры лимонита зависит от многих факторов и один и тот же исходный материал может образовать в разных условиях различные по своим текстурным особенностям лимониты.

Образующаяся при окислении сульфидов серная кислота вместе с водой и углекислотой интенсивно действует не только на руды, ускоряя их разложение, но и на вмещающие породы. В результате из вмещающих пород грунтовыми водами выносятся те составные части (главным образом различные основания), которые способны переходить в растворимые соединения. Вследствие этого вмещающие породы обесцвечиваются, в них развиваются водные алюмосиликаты и ферросиликаты (галлуазит, аллофан, нонтронит и др.), нарушается монолитность пород: они приобретают рыхлость, превращаясь иногда в глины. Часть элементов переходит в коллоидное состояние и отлагается поблизости, нередко цементируя рыхлые массы близлежащих пород. Так образуются породы, пропитанные кремнеземом (иногда в виде опала), либо накапливаются алюмосиликаты или окислы и гидроокислы железа и алюминия.

Перечисленные изменения, выраженные зонами обесцвечивания<sup>1</sup> и пропитывания пород кремнеземом (часто окрашенным бурыми гидроокислами железа), также связаны с железными шляпами.

Железные шляпы сульфидных месторождений в СССР на железную руду не разрабатываются. Однако окисленные зоны многих месторождений представляют практический интерес при поисках золота, серебра, свинца, иногда меди, цинка и других полезных ископаемых.

**Старинные ямы и выработки.** Старинные ямы и выработки указывают на поиски или разработку месторождений полезных ископаемых в данном районе в прежние годы. Необходимо производить тщательный осмотр старинных ям, выработок и их отвалов. По отвалам легко устанавливается, какое полезное ископаемое здесь когда-то добывалось. Расчистки старинных выработок дают дополнительный ценный материал, характеризующий месторождение. В этом отношении старинные выработки, относительно которых установлено, что они вскрывали руду, являются прямым поисковым признаком, аналогичным выходу залежи полезного ископаемого на поверхность.

Правильное использование такого материала может иметь большое практическое значение. Например, крупнейший Мамско-Витимский слюдоносный район был открыт на основе обследования многочисленных старинных ям.

Наконец, в связи с изменением средств и методов разработки полезных ископаемых, а также ценности полезного ископаемого многие

нерентабельные в старину месторождения в настоящее время стали представлять промышленный интерес. В таком случае заброшенная старинная выработка непосредственно указывает на присутствие здесь промышленного месторождения.

**Ореолы рассеяния полезного ископаемого.** Месторождения полезных ископаемых, разрушаясь, дают ореолы рассеяния, которые являются прямыми поисковыми признаками по отношению к данным месторождениям. Однако надо иметь в виду, что при наличии ореола рассеяния месторождение может отсутствовать. Это может быть в том случае, когда месторождение нацело разрушено или когда ореол рассеяния образовался за счет массива пород с незначительной концентрацией полезного ископаемого. Тем не менее ореолы рассеяния играют роль основного признака, по которому практически производятся поиски месторождений. Методы поисков по ореолам рассеяния многообразны. Для большинства месторождений твердых полезных ископаемых ореолы рассеяния представлены обломками полезного ископаемого, распространенными на той или иной территории в виде развалов, высыпок, осыпей и разнообразных россыпей: элювиальных, делювиальных, аллювиальных, озерных и морских.

Для поисков коренных месторождений особое значение имеют развалы, элювиальные высыпки и делювиальные осыпи, так как они находятся в непосредственной близости от месторождения. Иногда положительные результаты для поисков дает изучение единичных валунов и крупных обломков полезных ископаемых. Поэтому при геологической съемке должны отмечаться даже такие единичные находки. При этом необходимо указывать геологическую и геоморфологическую обстановку, в которой обломки найдены.

При изучении ореолов рассеяния, кроме рудных обломков, должны изучаться также и обломки пород-спутников, которые могут подсказать направление для поисков коренных месторождений. Это особенно важно при исследованиях в области развития ледниковых отложений, где единичные рудные валуны могли быть перенесены на значительные расстояния.

При изучении крупнообломочных ореолов рассеяния необходимо точно отметить на карте все места нахождения рудных обломков и оконтурить веер их рассеяния. Чтобы уточнить направление поисков коренного месторождения, иногда полезно вести подсчет частоты встречающихся обломков полезных ископаемых на единицу площади. Для этого же служит изучение величины и формы обломков.

Мелкие обломки тяжелых минералов изучаются методом шлихового опробования и составления шлиховых карт. Этим способом ведутся также поиски россыпных месторождений полезных ископаемых. Хорошо составленные шлиховые карты при интерпретации их на фоне геологического строения района дают богатый материал для правильного направления поисков и конкретные поисковые признаки для открытия коренных месторождений<sup>1</sup>. В последние годы с целью поисков коренных выходов полезных ископаемых часто прибегают к изучению рыхлых мелкозернистых наносов методами металлометрии на базе спектрометрии и люминесценции.

Для солей, месторождения которых разрушаются главным образом вследствие растворения их водами, ореол рассеяния представлен в виде источников соленых вод. Области развития соленых вод должны быть оконтурены на карте. Приуроченность вод к определенным стратиграфическим и литологическим горизонтам, а также и к структурным элемен-

<sup>1</sup> Ввиду важного значения шлихового опробования при геологической съемке для поисков месторождений полезных ископаемых ниже дается специальная глава, более подробно освещающая методику шлихового опробования.

<sup>1</sup> Часто их называют каолинизированными зонами, хотя галлуазит и аллофан далеко не всегда играют в них заметную роль.

там должна быть установлена в процессе геологической съемки. Соленые воды явились основным поисковым признаком для открытия таких месторождений, как Верхнекамское — калийных и магниевых солей, Артемовско-Славянское — поваренной соли и соляные месторождения Восточной Сибири.

Вокруг месторождений нефти и газа создается ореол рассеяния в виде горючих газов, которые проникают на поверхность, а также в виде остатков рассеянной нефти и битумов в породах. Анализ этих газов позволяет сделать некоторые определенные выводы. Так, содержание в газе, кроме метана и этана, еще более тяжелых предельных углеводородов, сопровождающих обычно нефтяную залежь (пропан, бутан и др.), может указывать на вероятное присутствие нефти в недрах. Метан и иногда этан свойственны газам каменноугольных залежей, а один метан — в ряде случаев чисто газовым залежам, не связанным с нефтью, или поверхностному болотному газу. При обычных полевых исследованиях природные газы могут быть обнаружены лишь в случае выделения их через воду в виде пузырьков, особенно хорошо наблюдаемых в тихих заводях и на поверхности текучих вод в безветренную погоду. Чтобы определить принадлежность газа к категории горючих, нужно пузырьки газа поджечь. Горючий газ даже при небольших пузырьках дает вспышку. Необходимо тщательно наблюдать за условиями, при которых происходит выделение газа, чтобы не смешать губчатые газы с болотными. Последние с точки зрения поисков на нефть и газы не представляют интереса.

### КОСВЕННЫЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Оруденение часто сопровождается рядом изменений в составе и свойствах вмещающих пород. Химическое выветривание и разрушение рудных минералов, в особенности сульфидов, на поверхности также вызывает особые изменения в окраске и внешнем облике околорудных пород. Эти изменения, указывающие на возможное близкое присутствие руды, мы называем косвенными поисковыми признаками. Последние при геологической съемке встречаются наиболее часто. Среди них наиболее распространенные и значение имеют: 1) околорудные изменения вмещающих пород, 2) обожренность и характерные окраски горных пород, особенно при их выветривании, 3) характерные формы рельефа.

### ОКОЛОРУДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД<sup>1</sup>

Околорудные изменения вмещающих пород связаны с теми же процессами, что и рудообразование, поэтому они и рассматриваются как косвенные признаки для поисков на руду. Однако надо иметь в виду, что измененные породы изучены главным образом около рудных залежей. Вне последних они изучены мало, и поэтому даже статистически мы не можем сказать, как часто или насколько обязательно измененные породы связаны с рудными проявлениями. Равным образом остается неопределенной относительная благонадежность в качестве поискового признака того или иного конкретного изменения боковых пород. Характер околорудных изменений, с одной стороны, закономерно связан с составом боковых пород, а характер оруденения, с другой стороны, зависит от физических и химических свойств рудных растворов. Поскольку геолог-съемщик все время имеет дело с обычными горными

породами, мы разбираем характерные околорудные изменения (несмотря на некоторые неудобства такого метода) в зависимости от первичного состава рудовмещающих пород.

Для нашей цели достаточно выделить три группы таких пород: 1) основные и ультраосновные; 2) средние и кислые, существенно полевошпатовые породы, куда включаются и их обломочные аналоги; 3) известняки и другие карбонатные породы. Глинистые породы, вследствие их водонепроницаемости, служат экранирующими горизонтами и лишь в слабой степени подвергаются изменению, по своему характеру напоминая изменение полевошпатовых пород, а в чисто кварцевых и кремнистых породах, вследствие их химической инертности, изменения также проявляются слабо и сводятся обычно к перекристаллизации.

### Околорудные изменения основных и ультраосновных пород

**Серпентинизация.** Для изменения ультраосновных пород чрезвычайно типична серпентинизация. Этот процесс часто носит автометаморфический характер (обычные петельчатые серпентиниты), получает региональное развитие и не имеет поискового значения. То же можно сказать о серпентинизации в условиях динамометаморфизма с образованием антигортитовых серпентинитов. Но и гидротермальные воздействия рудных растворов на ультраосновные породы, как правило, вызывают серпентинизацию, часто с одновременным оталькованием, развитием карбонатов и хлоритов. Эти явления должны привлекать особое внимание.

Развитие серпентинизации в массивах ультраосновных пород вдоль границ с более молодыми кислыми интрузиями многие считают косвенным признаком на месторождения хризотил-асбеста. Особенно перспективны на асбестоносность серпентинизированные гарцбургиты, менее перспективны лерцолиты, сравнительно мало перспективны серпентинизированные пироксеновые породы. Наиболее перспективными участками являются зоны контактов серпентинитов с несерпентинизированными ультраосновными породами. Столь же благоприятны для поисков месторождений асбеста эндоконтакты серпентинизированных массивов ультраосновных пород, рассеянных дайковыми породами кислой магмы.

Серпентинизация часто проявляется вдоль зон разломов, по которым поднимались из глубины серпентинизирующие растворы. Вне этих зон разломов она может проявляться лишь в слабой степени и ультраосновные породы сохраняют свой состав и облик как на глубину, так и у современной поверхности. Они изменяются под влиянием процессов выветривания совершенно иначе, чем возникшие из них серпентиниты.

В указанных условиях породы дайковой свиты — пироксениты, микрогаббро, диабазы, плагиоклазиты — под влиянием гидротермальных асбестообразующих растворов метаморфизуются в гранатовые, хлорито-пироксено-гранатовые, гранато-везувиановые и тому подобные известково-силикатные породы. Одновременно они приобретают большой удельный вес и изменяют свою темную зеленую окраску на светлую (зеленовато-белую, белую, желтую и розовую), благодаря чему дайковые породы особенно отчетливо выделяются на темном фоне серпентинитов и перидотитов.

Гранатизация дайковых пород, а также карбонатизация серпентинитов, указывая на воздействие асбестообразующих растворов, являются благоприятными признаками для поисков месторождений хризотил-асбеста в массивах ультраосновных пород.

**Реакционные полосы.** В массивах ультраосновных пород наблюдаются иногда полосы, сложенные биотитовыми (или флогопитовыми, вермикулитовыми, хлоритовыми), актинолитовыми, тальковыми и серпентинитовыми породами, резко бросающиеся в глаза своей обычно яркой и от-

<sup>1</sup> При составлении настоящего раздела авторы использовали сборник «Измененные околорудные породы и их поисковое значение», составленный коллективом авторов ВСЕГЕИ, под редакцией Н. Н. Курека (Госгеолтехиздат, 1954).

личной от ультраосновных пород окраской. Такие полосы называются реакционными каймами.

Реакционные полосы в ультраосновных породах (перидотитах, пироксенитах, горнблендитах, серпентинитах) являются поисковым признаком, указывая на возможное присутствие даек корундовых плагиоклазитов (плумазитов, кыштымитов, борзовитов) и марундитов. Тальковые зоны реакционных полос сами могут рассматриваться как промышленные месторождения талька.

**Лиственизация.** Под влиянием гидротермальных растворов происходит изменение ультраосновных и основных пород, выражающееся в замещении железисто-магнезиальных силикатов углекислыми солями кальция, магния и железа с выделением свободного кремнезема. В результате образуются лиственизированные породы и лиственисты, т. е. породы, содержащие тальк (в некоторых случаях хромовую слюду — фуксит и пирит) и сложенные кварцем, магнезитом, брейнеритом, и тальково-карбонатные породы. Последние сами могут служить промышленным источником талька и являются благоприятным признаком для поисков его месторождений.

Лиственисты — очень своеобразные породы, часто дают хорошо заметные выходы в виде гребней, скал и т. д. Они свидетельствуют о проявлении гидротермального метаморфизма, и область их развития должна подвергаться более тщательному исследованию. В связи с ними или прямо в них на Урале встречаются золоторудные месторождения, но большей частью лиственисты описанного типа (с тальком) являются безрудными.

Большой интерес представляют породы, которые также называются лиственистами, но содержат белую калиевую слюду и развиваются по основным породам. Они являются поисковым признаком, указывающим на кварцево-золотоносные и медно-кобальтовые жилы.

Следует отметить, что лиственизация боковых пород на Урале характерна для жильных месторождений меди, содержащих никель и кобальт, в отличие от обычных медноколчеданных.

**Карбонатизация.** Развитие железисто-магнезиальных карбонатов, а также кальцита — обычное окolorудное изменение в породах основного и среднего состава (ср. также лиственизацию). В породах кислого состава карбонатизация имеет меньшее распространение. В полевошпатовых породах она сопровождается развитием серицита, хлорита и пирита. Такое изменение характерно для боковых пород многих золоторудных, медных и полиметаллических месторождений и нередко захватывает обширные площади, подобно серицитизации в породах кислого состава, а потому является важным поисковым признаком. На выветрелых выходах породы часто бывают несколько заохрены. Карбонаты, обычно железистые, легко выщелачиваются, как и пирит. В результате образуются характерные пустоты ромбической или неправильной формы, заполненные светлоокрашенными железистыми охристыми образованиями; иногда сохраняется кварцевый каркас по спайности карбоната с ромбическим сечением ячеек. В некоторых золотоносных районах подобные породы являются коренным источником золота, но слишком убогим, чтобы оправдать эксплуатацию.

**Хлоритизация.** Хлоритизация типична для пород основного, ультраосновного и частью среднего состава. Реже она захватывает и породы кислого состава. В таком случае хлоритизация наблюдается преимущественно в самой внешней зоне гидротермально измененного ореола или слагает узкие зоны непосредственно близ рудного тела. Процесс хлоритизации весьма распространен в природе, и наличие хлоритизированных пород не всегда указывает на присутствие вблизи них того или иного оруденения. Хлоритизация может быть вызвана: 1) региональным, кон-

тактовым или ретроградным метаморфизмом, 2) автотермоморфизмом и 3) гидротермальными растворами.

Наибольший интерес представляет хлоритизация, вызванная гидротермальными растворами, так как она часто сопровождается оруденением. Для хлоритизации этого типа характерна сравнительно небольшая площадь распространения в виде участков неправильной формы или зон, залегающих среди нехлоритизированных пород. Оруденение проявляется при этом в виде вкрапленности.

Хлоритизация, связанная с оруденением, редко проявляется самостоятельно и большей частью тесно связана с другими гидротермальными процессами изменения боковых пород: окварцеванием, серицитизацией, турмалинизацией. Выделяются следующие разновидности хлоритовых пород, присутствие которых может служить косвенным признаком для поисков полезных ископаемых:

1. Мономинеральные хлоритовые породы, которые встречаются редко и обычно наблюдаются в виде оторочек вокруг рудных тел некоторых колчеданных, сульфидно-касситеритовых, свинцово-цинковых и хромитовых месторождений.

2. Кварцево-хлоритовые породы гораздо более распространены, чем мономинеральные хлоритовые породы, и являются рудовмещающими породами многих сульфидно-касситеритовых месторождений, реже — медноколчеданных и полиметаллических.

3. Серицито-хлоритовые породы с кварцем или без кварца пользуются широким распространением в колчеданных месторождениях Урала и Салаира, а также в некоторых полиметаллических и медных месторождениях Алтая.

4. Турмалино-хлоритовые породы с кварцем или без кварца характерны главным образом для касситерито-сульфидных месторождений.

5. Биотито-хлоритовые породы с кварцем или без кварца часто наблюдаются в колчеданных и медно-порфировых месторождениях.

Поисковыми признаками для колчеданных и полиметаллических месторождений может служить следующая зональность, часто наблюдаемая в распределении гидротермально измененных вмещающих пород: неизмененные, слабо хлоритизированные, кварцево-хлоритовые, серицито-хлоритовые, кварцево-серицитовые породы и руда. Подобные зонально построенные ореолы могут достигать значительных размеров.

Следует отметить, что состав хлорита, как показали исследования Д. М. Шилина и В. П. Ивановой, различается для месторождений разных металлов: 1) железистый хлорит тюрингитовой группы — для касситерито-сульфидных месторождений; 2) магнезиально-железистый хлорит риподолитовой группы — для медноколчеданных месторождений; 3) магнезиальный хлорит группы пеннин-клинохлор — для свинцово-цинковых месторождений.

**Пропилитизация.** Как поисковый признак пропилитизация указывает на возможное присутствие золото-серебряных жил. Процесс иногда захватывает столь значительные площади, что утрачивает поисковое значение; в этих случаях приходится искать другие изменения, более тесно связанные с оруденением.

Пропилитизация выражается в превращении всех цветных компонентов породы в хлорит и эпидот с одновременным развитием пирита (серицитизация полевых шпатов нередко идет в более позднюю стадию). Химическое изменение, которое при этом происходит, состоит в умеренном удалении К и Na, небольшой убыли  $\text{SiO}_2$ , Ca и Mg и обогащении породы S и  $\text{H}_2\text{O}$ . На процесс пропилитизации часто накладываются другие процессы, связанные с образованием каолинита, адуляра, цеолитов, гипса, алуниита (в этих изменениях активное участие принимает  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), карбонатов, опала и халцедона.

Пропилитизация особенно часто затрагивает андезиты, дациты и базальты, реже риолиты и весьма характерна для боковых пород, вмещающих золото-серебряные жилы, сложенные различными мышьяково-сурьмянистыми и теллуристыми соединениями этих металлов.

### Околорудные изменения средних и кислых пород

**Грейзенизация.** Грейзенизация является хорошим поисковым признаком на олово, вольфрам, реже на молибден, менее благоприятным — на мышьяк и висмут и редко на медь.

Под грейзенизацией понимается пневмато-гидротермальный процесс, вызывающий значительные изменения кислых и средних пород: полевые шпаты и другие минералы замещаются кварцем, мусковитом, литиевой слюдой; сама порода обогащается турмалином, флюоритом, часто топазом, касситеритом, реже вольфрамитом, бериллом, молибденитом. В конечном счете образуются породы, называемые грейзенами.

Главные минералы, определяющие основной тип грейзенов: кварц, мусковит, нередко литиевая слюда, турмалин, топаз, флюорит и хлорит. К второстепенным минералам относятся: рутил, берилл, жильбертит и рудные минералы. Из последних наиболее характерны пирит, касситерит, вольфрамит, шеелит, арсенопирит, самородный висмут, пирротин, халькопирит, молибденит и сфалерит.

Грейзены имеют весьма важное значение для поисков, поскольку с ними связаны крупные месторождения олова и вольфрама.

Грейзены развиваются в кислых изверженных породах, главным образом интрузивных. Случаи образования грейзенов в породах диоритовой магмы единичны, а в более основных породах неизвестны. В кварцитах и кварцевых песчаниках грейзены крайне редки.

Большей частью грейзены и грейзенизированные породы находятся во внутренних и внешних контактовых зонах небольших интрузий кислого состава.

Н. И. Наковник выделяет два типа месторождений, связанных с грейзенами: 1) несulfидный тип месторождений касситерито-вольфрамовых руд с небольшой примесью сульфидов или без них, генетически связанный преимущественно с кислыми гранитными интрузиями; 2) сульфидный тип, содержащий сульфиды Fe, Cu, As, Sn, Bi, Mo, Zn, Pb, некоторое количество касситерита и вольфрамита, связанный преимущественно с интрузиями гранодиоритовой магмы.

Выделяются следующие типы грейзенизированных пород:

1. Маломощный и в общем слабо рудоносный, но весьма распространенный околорудный тип, формирующийся вдоль выдержанных трещин.

2. Тип сплошных грейзенов, подразделяющихся на зоны, представленные серией грейзенизированных параллельных сближенных трещин, штокверки и штоки или гнезда.

Рудные минералы рассеяны в теле грейзена и часто образуют псевдоморфозы по первичным минералам. Рудные жилки встречаются значительно реже.

Для отдельных полезных ископаемых, связанных с грейзенами, поисковыми признаками являются:

- 1) грейзены турмалинового и особенно турмалино-хлоритового типа — для сульфидных руд олова;
- 2) грейзены топазового типа — для несulfидных руд олова;
- 3) грейзены флюоритового типа — для вольфрамового оруденения;
- 4) грейзены смешанного флюорито-мусковитового типа — для рудных молибденитовых жил.

Поверхностные изменения грейзенов, содержащих сульфидные руды, приводят к образованию лимонитизированных пород, а грейзенов, содержащих несulfидные руды, — к образованию каолиновых пород и кварцево-рудных песков, являющихся источником россыпных месторождений касситерита.

**Турмалинизация.** Турмалинизация является поисковым признаком для некоторых месторождений олова. Реже с ней связаны месторождения меди и золота, мышьяка, свинца и цинка, вольфрама, молибдена и кобальта. Это сравнительно редкий тип околорудных изменений, характерный лишь для некоторых рудных районов. В пределах СССР, например, турмалинизация довольно широко развита в различных (оловянных, свинцово-цинковых, золоторудных) месторождениях, принадлежащих к Тихоокеанскому металлогеническому поясу.

Турмалиновые и кварцево-турмалиновые породы имеют массивное или брекчиевое строение. Турмалинизации подвергаются преимущественно краевые части массивов гранодиоритов, гранитов, реже — более основных интрузивных пород, а также вмещающие полевошпатовые эффузивные и осадочные породы. Тип интрузий чаще гипабиссальный, с порфиловыми структурами. Кроме главных минералов — кварца и турмалина, наиболее обычны мусковит и серицит, простые сульфиды, нередко арсенопирит. Турмалиновые породы развиваются метасоматически полосами во вмещающих интрузивных породах, образуют линзообразные и штокообразные тела, иногда площадью в несколько квадратных километров. Часто турмалиновые породы являются безрудными. Вследствие своей устойчивости при выветривании, крепости и своеобразия внешнего облика турмалиновые породы легко могут быть обнаружены. Им всегда следует уделять особое внимание как в поле, так и в камеральной обстановке.

**Березитизация.** Березитизация является поисковым признаком в особенности для золотоносных кварцевых жил, в меньшей степени характерна для вольфрамитовых жил (Боевское месторождение), иногда сопровождает полиметаллические и медные месторождения.

В кислых породах — гранитах, гранит-порфирах, кварцевых порфирах — под влиянием рудоносных растворов возникают березитизированные породы, в которых полевые шпаты подвергаются частичному разложению с образованием вторичных слюд и кварца (нередко также карбонатов), или березиты, в которых происходит полное разложение полевых шпатов с одновременным обогащением породы пиритом. Березиты сложены кварцем, слюдой и пиритом. Развитие в районе исследования березитов и березитизированных пород — хорошая предпосылка для поисков россыпных месторождений золота.

**Серицитизация.** Серицитизация, обычно сопровождаемая окварцеванием, представляет собой самый распространенный процесс изменения щелочных полевых шпатов, кислых плагиоклазов и реже цветных минералов в различных полевошпатовых породах. Серицитизация развивается при динамотермальном или так называемом ретроградном метаморфизме (последний в большинстве случаев, вероятно, обусловлен гидротермальными процессами во внешней зоне контактово-метаморфических ореолов), а также в результате околорудного гидротермального изменения пород.

При поверхностном изменении полевошпатовых пород также нередко развивается мелкочешуйчатый серицитоподобный минерал (иллит, монотермит), диагностика которого возможна лишь с помощью точных методов исследования. Вопрос осложняется также тем, что к серициту относят различные мелкочешуйчатые светлые слюдястые минералы: мусковит, фенгит, пиррофиллит и супергенные гидрослюды. Здесь нас интересует лишь гидротермальная околорудная серицитизация, и прежде всего вопрос, как отличить ее от других сходных процессов.

Можно отметить, что при околорудном метаморфизме процесс серицитизации часто протекает более интенсивно и идет до полного изменения полевых шпатов. Например, для гидротермально измененных кислых эффузивов на Урале характерно прежде всего полное превращение фенокристаллов полевых шпатов в серицит (а при динамометаморфизме последние сохраняются сравнительно долго). Характерно также сильное осветление породы. Практически очень часто в гидротермально измененных породах наблюдается развитие вкрапленности различных сульфидов, прежде всего пирита. Имеют значение также зональное строение ореолов гидротермально измененных серицитовых пород и сравнительно ограниченная площадь их распространения. Главные минералы серицитовых пород — серицит и кварц; обычные: хлорит, эпидот, карбонаты, сульфиды, в особенности пирит, рутил, апатит.

Серицитизация является важным признаком для поисков руд меди, свинца и цинка, золота, мышьяка и некоторых редких металлов. Серицитизация развивается также во внешнем ореоле грейзенизированных, турмалинизированных и мусковитизированных зон. Наоборот, внешним ореолом по отношению к серицитизированной зоне часто является ореол хлоритизации и альбитизации. Особенно большую роль изучение серицитизации сыграло при поисках и разведках медноколчеданных месторождений, залегающих в эффузивных толщах Урала.

**Вторичные кварциты.** Вторичные кварциты часто являются рудоносными породами и в связи с этим должны рассматриваться в качестве косвенных поисковых признаков.

Вторичные кварциты представляют собой окварцованные продукты изменения кислых и средних, преимущественно эффузивных пород (чаще всего лав и пирокластов). Кроме кварца, они минерализованы пиритом, гематитом, рутилом, серицитом, алунином, каолинитом, пирофиллитом, андалузитом, диаспором, корундом, топазом, цуниитом и некоторыми другими второстепенными минералами.

Кислый состав исходных пород, за счет которых образовались кварциты, благоприятен для нахождения в кварцитах неметаллических полезных ископаемых, в частности корундо-андалузитовых руд; средний состав — для нахождения в кварцитах металлических полезных ископаемых (меди, свинца, цинка и золота).

Вторичные кварциты наиболее распространены в Восточном Казахстане, значительно менее на Кавказе, Алтае, Урале, в Ташкентском районе и в некоторых других местах.

С кварцитами связано преимущественно нерудное сырье: алунит (резко преобладает), каолинит, пирофиллит, диаспор, андалузит, корунд (Семиз-Бугу в Казахстане), дюмортьерит. Реже встречаются медно-порфировое оруденение (Коунрад в Казахстане), медноколчеданное (Красноуральское и Кабанское на Урале), а также руды свинцово-цинковые и золото-серебряные.

Характерны для кварцитов, в том числе и рудоносных: положительный и резкий рельеф, заостренные вершины массивов, сложенных этими породами, общий светлый облик породы, наличие в ней местами темных пятен лимонитизированных и белых пятен каолинизированных пород. В строении многих массивов вторичных кварцитов наблюдается определенная зональность. Н. И. Наковник указывает такую последовательность зон: исходные неизмененные породы, пропилитовая, серицитовая, пирофиллитовая, каолинитовая, алуниновая, диаспоровая, андалузитовая, корундовая зоны.

Корундовая зона расположена ближе всех к источнику гидротерм и газов и является поэтому наиболее высокотемпературной.

Указанная полная зональность проявляется исключительно редко, обычно выпадают те или иные зоны, но все же определенная последовательность зон сохраняется.

Наличие зон может рассматриваться как поисковый признак. Каждая зона указывает на возможность нахождения в ней промышленно интересных залежей не только ее ведущего минерала, но и ведущих минералов ближайших фаций. Участки развития алунитовой, каолинитовой, пирофиллитовой и серицитовой зон в случае среднего состава исходных пород являются благоприятными для нахождения в них полиметаллических, золото-серебряных и медных руд.

Вторичные кварциты, расположенные на контактах кислых эффузивов с кислыми же, но более молодыми интрузиями (преимущественно гранитного и гранодиоритового состава), указывают на возможность нахождения корундовых месторождений.

**Каолинизация.** Каолинизация связана с гидротермальными процессами. Она сопровождается различными месторождениями полезных ископаемых (полиметаллические, олова, золота, флюорита и др.), а также хрусталеносные кварцевые и отчасти барито-витеритовые жилы.

Гидротермы, с которыми связано образование хрусталеносных кварцевых жил, вызывают резкую, хорошо заметную каолинизацию полевых шпатов вмещающих пород. Поэтому кварциты с каолинизированными полевыми шпатами, алюмосиликатные значительно каолинизированные породы должны останавливать на себе внимание геолога при осмотре коренных выходов и элювиально-делювиальных отложений.

Каолинизация и серицитизация полевых шпатов, обогащающие породу кварцем и халцедоном, являются благоприятными признаками для поисков гидротермальных месторождений флюорита. Иногда в измененных боковых породах наблюдается переменное количество флюорита, пирита, хлорита и карбонатов.

Каолинизация серицита, полевых шпатов и других силикатов характерна также для поверхностного изменения различных околорудных пород под влиянием сернокислых растворов, образующихся при окислении сульфидов.

Наличие в исследуемом районе крупных участков каолинизированных изверженных и метаморфических пород указывает на возможное присутствие древней латеритной коры выветривания, с которой могут быть связаны месторождения никеля, железа, бокситов, огнеупорных глин и других полезных ископаемых.

**Окварцевание.** Окварцевание — гидротермальный процесс, сопровождающий образование месторождений различных полезных ископаемых (меди, свинца и цинка, золота, ртути, пьезокварца, флюорита, барита и витерита и др.). Процесс весьма распространен, хорошо заметен и легко уловим. Характерен, в частности, процесс окварцевания и окремнения около так называемых эпитептермальных месторождений металлов, залегающих в эффузивных породах.

Окварцевание в наиболее чистом виде, не сопровождаемое другими процессами изменения боковых пород, является поисковым признаком, указывающим на возможное присутствие кварцевых, в том числе хрусталеносных жил, флюоритовых месторождений гидротермального типа и барито-витеритовых.

Окварцевание алюмосиликатных пород, залегающих на контакте с известняками, до полного преобразования в породы, целиком состоящие из кварца или халцедона с вкрапленностью флюорита или без нее, является поисковым признаком на флюоритовые месторождения.

**Алунитизация.** Алунитизация является характерным гидротермальным изменением в эффузивных породах среднего и кислого состава. С ней нередко ассоциирует золотое, медное и полиметаллическое оруденение. Процесс этот развивается, очевидно, в самых верхних горизонтах гидротермально измененных пород. Вместе с алунином встречаются кварц, серицит, иногда каолинит, пирит.

## Околорудные изменения карбонатных пород

**Скарны.** Скарнами называются породы, состоящие из граната (ряда гроссуляр—андрадит) и пироксена (ряда диопсид—геденбергит) и более поздних известково-железистых силикатов, возникшие путем высокотемпературного метасоматоза известняков и в меньшей степени алюмосиликатных пород в условиях умеренных глубин.

Следует различать простые и сложные скарны. Простые скарны состоят из граната и пироксена, иногда с примесью волластонита, везувиана и скаполита. Сложные скарны возникают путем последующего изменения простых. В составе их появляются эпидот, актинолит, иногда родонит, бустамит, ильваит, реже аксинит. Скарны часто сопровождаются обширным комплексом последующих наложенных минеральных ассоциаций рудного и нерудного состава, представляющих промышленный интерес.

Основным геологическим условием формирования рудоносных скарнов является сочетание интрузий умеренно кислого и среднего состава (граниты, гранодиориты, кварцевые диориты, сиениты) с вмещающими толщами, содержащими то или иное количество карбонатных пород (известняков, доломитов). Редко рудоносные скарны образуются без участия карбонатных пород в вулканогенно-метаморфических толщах или даже в изверженных породах.

Скарны в большинстве случаев расположены в непосредственном контакте интрузий с карбонатными породами. Они образуются также в породах вмещающей толщи, на расстоянии от контакта с интрузией до 1,5—2 км, но обычно не более 100—300 м. Реже скарны образуются в самих интрузивных телах.

При полевой работе геолог должен уметь отличать скарны от сходных с ними, но не рудоносных известково-силикатных роговиков. Роговики залегают обычно в виде сплошных контактовых ореолов вокруг интрузий, скарны же не образуют сплошных ореолов.

В известково-силикатных роговиках преобладают волластонит, тремолит, гроссуляр, диопсид. Эти минералы обычно вкраплены среди зерен кальцита. Цвет подобных роговиков светлый, сероватый или желтоватый. Скарны сложены в основном известково-железистыми гранатами и пироксенами. Эти минералы целиком или почти целиком слагают основную массу породы. Цвет скарнов чаще всего темнубурый или темно-зеленый. Для известково-силикатных роговиков не характерно развитие различных более поздних минералов, а для скарнов это очень характерно. В этом отношении наиболее типичны для скарнов эпидотизация, окварцевание, карбонатизация, а также появление сульфидов.

**Простые скарны.** Часто содержат железное, медное и реже вольфрамовое оруденение. Косвенным указанием на тип ожидаемого оруденения служит состав граната и пироксена.

Темный цвет граната и ассоциация его с магнетитом указывают на высокую железистость граната. Ассоциация граната с везувианом указывает на гроссуляровый состав граната. С гранатами андрадитового состава часто ассоциирует железное, полиметаллическое, а также кобальтовое и бериллиевое оруденение. Ассоциация вольфрамового оруденения с этими гранатами наблюдается весьма редко. С гранатами среднего андрадито-гроссулярового состава преимущественно ассоциирует медное и вольфрамовое оруденение. С гранатами, в которых преобладает гроссуляр, в большинстве случаев связана основная масса вольфрамового оруденения. Это не имеет характера закономерности, но должно быть принято во внимание. Некоторое значение имеют изотропность граната и аномалии в изотропности. Широкое развитие изотропного граната характерно для месторождений магнетита, анизотропный гранат ассоциирует преимущественно с прочими видами оруденения.

Пироксен в скарнах также имеет переменный состав и относится к ряду диопсид—геденбергит. Часто в одном и том же месторождении присутствует пироксен различного состава. Широкое развитие пироксеновых скарнов (при ничтожном количестве гранатовых) дает наибольшие перспективы для поисков вольфрама, свинца и цинка. К геденбергитовому (или салитовому) скарну часто наблюдается закономерное тяготение богатого медного, полиметаллического и вольфрамового оруденения.

Медное и полиметаллическое оруденение легко различается в поле. Диагностика же шеелита весьма затруднительна. Поэтому следует рекомендовать тщательное изучение пироксеновых скарнов с проведением бороздового опробования, взятием искусственных шлихов, а также применением люминесцентной съемки. Марганцовистый пироксен типа манган-геденбергита, содержащий более 6%  $MnO_2$ , часто сопровождаемый родонитом и бустамитом, является поисковым признаком, благоприятным для нахождения полиметаллического и в меньшей степени вольфрамового оруденения. В полевых условиях манган-геденбергиты часто можно отличить по цвету поверхности выветрелых образцов, покрытых черными пленками окислов марганца.

**Сложные скарны.** Парагенетические ассоциации некоторых минералов сложных скарнов также являются поисковыми признаками, указывающими на то или иное оруденение. Широкое проявление эпидотизации и актинолитизации скарновых минералов указывает на наличие в скарнах сульфидной минерализации. Заметное развитие ильваита сопровождает некоторые полиметаллические месторождения:

Кварцево-сульфидная стадия минерализации (наложенная на скарны) сопровождается новообразованием в скарнах кварца, кальцита, плагиоклаза, хлорита и рудных минералов. Из последних наибольшим распространением пользуются: халькопирит, пирротин, пирит, сфалерит, галенит, молибденит, кобальтин, арсенопирит, шеелит, берилл, касситерит и самородное золото. В скарнах кварцевые и кварцево-полевошпатовые скопления с пирротинном и сфалеритом являются типичной парагенетической ассоциацией, в которой встречается шеелит.

Различают пять типов распределения рудной минерализации в скарнах:

1. Форма рудных тел совпадает с формой скарновых тел. В этом случае руды вкраплены во всей массе скарнов. Эта форма рудных тел характерна для вольфрамового, медного, полиметаллического оруденения.
2. Рудные тела приурочены к контакту скарнов с известняками и залегают согласно поверхности этого контакта. Оруденение: железное, вольфрамовое, полиметаллическое, золотое, особенно часто медное.
3. Рудные тела полностью или отчасти совпадают по форме с какой-либо минералогической разновидностью скарнов (пироксеновой, гранатовой). Оруденение: железное, вольфрамовое, медное, полиметаллическое, особенно часто кобальтовое и бериллиевое, редко оловянное.
4. Рудные тела приурочены к зонам разломов или к секущим трещинам в пределах скарновых тел. Оруденение: вольфрамовое, полиметаллическое, золотое, особенно часто оловянное, кобальтовое, бериллиевое, редко железное.
5. Рудные тела выходят за пределы скарновых тел, обособляясь по трещинам, секущим как скарны, так и вмещающие породы. Оруденение: вольфрамовое, золотое, особенно часто свинцово-цинковое и мышьяковое.

Следует отметить, что значение скарнов надо оценивать с учетом общей металлогении района, так как в ряде случаев скарны не сопровождаются оруденением. Особо большое значение скарны приобретают в том

случае, когда в картируемом районе уже известны месторождения полезных ископаемых, приуроченные к этим породам.

**Реакционные зоны на границе карбонатных и силикатных пород.** Процессы метасоматоза, которые вызывают образование флогопитов, одновременно создают четкие зоны определенного минералогического состава между алюмосиликатными породами и доломитизированными мраморами. В направлении от алюмосиликатных пород (преимущественно аляскитовых гранитов или их пегматитов) в сторону доломитизированных мраморов эти зоны располагаются в следующем порядке: 1) кварцево-скаполитовая зона с небольшим количеством полевого шпата, диопсида; 2) флогопито-диопсидовая зона, в которой имеются крупные кристаллы и скопления флогопита и мелкозернистого яркозеленого диопсида; 3) диопсидовая зона с небольшим количеством флогопита; 4) кальцито-форстеритовая зона с небольшим количеством диопсида и роговой обманки. Далее — доломитизированные мраморы.

Иногда процессы метасоматоза протекают столь интенсивно, что доломитизированный мрамор полностью замещается реакционными зонами.

**Скаполитизация.** Хорошим поисковым признаком на флогопит является скаполитизация гранитов и пегматитов в контакте их с доломитизированными мраморами. При этом флогопитоносная зона располагается непосредственно за скаполитовой зоной в направлении от гранитного массива. Интенсивность скаполитизации дает общее представление об интенсивности флогопитообразования.

Скаполитизация роговообманкового сиенита, иногда полностью превращенного в пироксено-скаполитовую породу, является поисковым признаком на медные месторождения контактового типа. Медное оруденение приурочено к пироксено-скаполитовой породе.

**Окварцевание.** Окварцевание карбонатных пород, иногда сопровождающееся флюоритизацией, указывает на возможное присутствие барито-витеритовых месторождений. Нередко окварцевание и окремнение сопровождают полиметаллическое, ртутное и сурьмяное оруденение в карбонатных породах. Окварцевание обычно проявляется в развитии неправильных по форме метасоматических образований тонкозернистого кварца и кремня. Встречается другая форма окварцевания, проявляющегося в развитии мелких идиоморфных кристаллов в карбонатных породах. Этот вид окварцевания может быть установлен, однако, лишь под микроскопом.

**Баритизация доломитов и известняков.** Гидротермальное изменение карбонатных пород, называемое баритизацией, является поисковым признаком, существенным для свинцово-цинковых и менее существенным для барито-витеритовых месторождений. Баритизация доломитов и известняков, вмещающих оруденение, известна во многих рудных районах. В отдельных случаях она проявляется весьма интенсивно и пространственно тесно связывается с оруденением, а поэтому может рассматриваться как хороший поисковый признак на цинк и свинец. Крупное месторождение рассеянных свинцовых руд Миргалим-Сай в Кара-Тау (Южный Казахстан) было найдено и прослежено по простиранию вдоль зоны баритизации в доломитах.

**Доломитизация.** Во многих районах развития свинцово-цинкового и барито-витеритового оруденения отмечается доломитизация известняков. Известно немало месторождений, где доломитизация пространственно тесно связана с оруденением. Геологу важно различать доломиты первичные (осадочные), которые не являются поисковым признаком, и доломиты вторичные (гидротермального происхождения), которые служат поисковым признаком. Поэтому при геологической съемке необходимо не только отмечать наличие доломитов, но и установить характер их распространения, структуру и генезис. Особое внимание должно быть

обращено на доломитовые тела с неправильными контурами, контролируемые трещинами и сложенные крупнокристаллическими, обычно светлыми разностями доломита, почти всегда гидротермального происхождения.

Для известняков, вмещающих свинцово-цинковые и другие гидротермальные сульфидные месторождения, характерна также перекристаллизация с образованием крупнозернистого кальцита.

**Офикальцитизация.** Офикальциты, окрашенные в красивые яблочно-зеленые, розовые и желтые тона, являются хорошо заметным поисковым признаком на асбестоносные серпентиниты, залегающие в карбонатных породах.

Офикальциты постепенно переходят, с одной стороны, в мраморизованные известняки, а с другой — в асбестоносные серпентиниты. Последние представляют собой контактово-метасоматические образования, обусловленные внедрением в толщу карбонатных пород интрузивных тел кислого и преимущественно основного состава. Серпентинизация и асбестообразование возникали исключительно в доломитизированных известняках, содержащих магнезию, необходимую для образования серпентина. Известняки же, свободные от магнезии, подвергались под влиянием гидротерм лишь более или менее интенсивному окварцеванию. Таким образом, доломитизация известняков, при условии обильной инъекции их жильными породами типа диабазов, порфириров, габбро-диабазов и т. п., является также поисковым признаком на асбестовые серпентиниты.

#### ОКРАСКА РУДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

**Обохренные породы.** Обохренность пород является важным поисковым признаком на многие сульфидные месторождения и должна привлекать особое внимание геолога.

Встретив выходы обохренных пород, геолог должен выяснить причины этого явления. Необходимо прежде всего установить, носит ли обохренная порода признаки описанных выше гидротермально измененных окolorудных пород, в особенности пород, сопровождающих сульфидные месторождения. Далее необходимо выяснить: 1) содержит ли порода так называемые глазки — псевдоморфозы лимонитов по сульфидам или карбонатам; 2) сопровождается ли заохрение разложением железистых силикатов с освобождением окислов железа и разрыхлением породы, или порода остается крепкой; 3) проявляются ли окислы железа в виде пленок, прожилков и потеков, или равномерно пропитывают породу; 4) захватывают ли эти проявления только самую поверхность, или распространяются на глубину; 5) выходит ли заохренная порода в тальвеге реки, или на склоне, или на вершине (отношение породы к рельефу).

Цель изучения перечисленных признаков — установить, является ли обохренная порода разновидностью окolorудных или рудных пород, подвергшейся окислению, и содержит ли она вкрапленность рудных минералов, или же заохренность объясняется сильным выветриванием, вызвавшим разложение обычных железосодержащих, главным образом силикатных минералов. Следует также заметить, что заохренные породы с псевдоморфозами лимонитов по сульфидам часто дают большую возможность установить тип первичной минерализации, чем сплошные лимониты.

Наличие на коре выветривания неизменной или слабо измененной основной интрузивной породы и на стенках трещин выцветов и пленок лимонита, а также присутствие в составе породы мелантерита, нонтронита и ярозита являются поисковыми признаками на сульфидные руды; наличие моренозита и эритрина указывает на руды никеля и кобальта. Так как сернистые руды никеля содержат обычно медь, то иногда можно наблюдать налеты медной зелени и сини.

Присутствие на обожренной породе налетов, примазок и прожилков медной зелени и сини, а в сухое время года корочек гипса и других сульфатов часто указывает на присутствие медных вкрапленных руд. Если геолог приходит к выводу, что обнаруженные им выходы заохренных пород принадлежат к последнему типу, очень важно также собрать данные о перспективах для установления зоны вторичного обогащения.

Развитие вольфрамовых, молибденовых, висмутовых и мышьяковых охр является надежным поисковым признаком на указанные металлы.

Наличие в зоне окисления на значительной площади налетов и примазок светложелтого (канареечного цвета) ферромolibдита или зеленовато-серого повеллита указывает на присутствие молибденита и в то же время является косвенным признаком возможного присутствия медных порфириновых руд.

Ободренность породы является поисковым признаком и на полиметаллические руды. В результате поверхностного окисления и выщелачивания цинк, более легко растворимый, чем свинец, выносится растворами в виде углекислых солей и иногда отлагается в стороне в форме карбоната цинка (смитсонита). Присутствие малоподвижного, труднорастворимого свинца в виде церуссита и реже англезита, плюмбоярозита и иногда более подвижного цинка, переотложенного вблизи полиметаллического месторождения в виде смитсонита, является хорошим поисковым признаком на полиметаллические руды. Так как цинк иногда выносится полностью, то более надежным является анализ ободренных пород на свинец.

Ободренные породы, особенно если они содержат барит (т. е. являются продуктом разрушения барито-пиритовых или барито-полиметаллических золотоносных руд), часто содержат золото, на что геолог также должен обратить особое внимание.

Ободренность породы является также поисковым признаком на магнетито-гематитовые, хлоритовидные и маргаритовые наждаки. В наждаках иногда содержится значительное количество сульфидов (пирита, пирротина и др.). Поэтому на своих выходах они бывают сильно лимонитизированы, иногда даже образуют подобие железных шляп. Последние в некоторых месторождениях ранее разрабатывались в качестве железных руд. Корунд различной, преимущественно синей окраски обычно взаимно прорастает с другими породообразующими минералами. Форма его кристаллов дипирамидальная или длиннопризматическая.

Наконец, ободренность породы может быть поисковым признаком на жильные сернисто-мышьяковые месторождения руд никеля. В зоне окисления этих руд бросаются в глаза кобальтовые и никелевые цветы (эритрин и аннабергит): первые (кобальтовые) розовые, малино-розовые или лилово-розовые, вторые (никелевые) яблочно-зеленые и светлозеленые.

Из вышеизложенного видно, какое большое поисковое значение имеют ободренные породы. Геолог должен тщательно обследовать эти выходы, выяснить их минералогический состав и в соответствии с этим сделать вывод о составе первичных руд. Кроме того, необходимо взять пробы ободренной породы и произвести химический или спектральный анализ на предполагаемые металлы.

**Осветленные породы.** Осветленные породы в определенных условиях имеют не меньшее значение для поисков гидротермальных сульфидных месторождений, чем ободренные. При исследованиях тех и других пород возникают сходные вопросы. Мы знаем две главные категории осветленных или полностью обеленных вторичными поверхностными процессами пород.

К первой категории относятся выщелоченные породы, обеленные под действием кислых сульфатных вод, получающихся при окислении сульфидов. Такие породы сопровождают сульфидные рудные месторождения,

но могут также возникнуть вблизи, например, осадочных отложений, содержащих вкрапленность пирита и не представляющих промышленного интереса.

Другая категория представлена белоцветными, обычно мягкими породами каолиновой коры выветривания, которые с углублением постепенно переходят в нормальные крепкие породы, не несущие следов оруденения. Обычно эти породы имеют широкое площадное распространение, развиваются на самых различных полевошпатовых породах и закономерно связаны с особенностями рельефа (развиты на древних поверхностях выравнивания и отсутствуют на молодых формах рельефа). На некоторой глубине они сохраняют реликты структуры исходных пород. Если присутствие белоцветной коры выветривания исключается, что мало вероятно, причину обеления скорее всего нужно приписать действию кислых сульфатных вод.

Исследуя обеленные породы, необходимо выяснить, носят ли они признаки гидротермально измененных окорудных пород. Рассматривая породу в лупу, следует выяснить, нет ли в ней характерных пустот выщелачивания пирита или других сульфидов. Сульфатная вода нередко разлагает каолинит и серицит с выделением свободной кремнекислоты, вследствие чего однородные обеленные породы часто окремневают, что не характерно для каолиновой коры выветривания. На таких породах нередко видны налеты бледножелтых сульфатов железа, а сами они иногда издают слабый запах сернистого газа. Источник сернокислых растворов может быть не в самой породе, а рядом и может быть скрыт под наносами. Картирование распространения обеленных пород может дать представление о его положении.

В районах, подвергшихся сильной пенеппенизации, нередко оба фактора — каолиновое выветривание и выщелачивание сульфатными водами — действуют совместно.

**Породы других окрасок.** Цвет вмещающих пород является важным косвенным поисковым признаком для месторождений некоторых полезных ископаемых. Поэтому на все участки с окраской, отличающейся от обычного цвета вмещающих пород, следует обращать сугубое внимание с целью выяснения причин, вызвавших специфическую окраску данного участка.

Бурая, кирпично-красная или желтовато-бурая окраска породы указывает обычно на присутствие здесь сульфидных или железных руд.

Зеленовато-белая (белая), желтая и розовая окраска гидротермально измененных жил пироксенита, микрогаббро, диабазы и плаггиоклазита, залегающих в перидотитах, указывает на возможное присутствие здесь месторождений хризотил-асбеста.

Такое же значение имеет яблочно-зеленая, розовая и желтая окраска карбонатных пород, прорванных интрузиями диабазов, порфиритов, габбро-диабазов.

Черные, темнозеленые или темносерые пластообразные линзы, залегающие среди кристаллических известняков, могут оказаться магнетито-гематитовыми, хлоритовидными и маргаритовыми наждаками.

#### ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

Положительными формами рельефа характеризуются, например, такие месторождения, как некоторые развалы корундовых пород, кварцевые сопки в Казахской степи, содержащие медные руды, кварцевые жилы, иногда содержащие полезные ископаемые в промышленном количестве, железорудные кварциты и т. д. Важно отметить, что для зон скарнирования, к которым часто приурочены те или иные месторождения, также характерны преимущественно положительные формы рельефа. Анализ форм рельефа часто дает ценные указания для поисков угля.

## НАНЕСЕНИЕ ПОИСКОВЫХ ПРИЗНАКОВ НА КАРТЫ

Все установленные во время полевых работ поисковые признаки наносятся на карту.

### Прямые поисковые признаки:

1. На карту наносятся все ранее известные месторождения, независимо от того, являются ли они в настоящее время промышленными или непромышленными. Промышленные месторождения указываются крупным значком, принятым для обозначения данного полезного ископаемого. Месторождения, промышленное значение которых не выяснено, указываются значком среднего размера, непромышленные — значком малого размера.

2. Старинные ямы и выработки показываются значком того полезного ископаемого, которое в этих жилах и выработках установлено. Размер значка средний.

3. Места заявок оконтуриваются пунктиром, полезное ископаемое, на которое сделана заявка, указывается соответствующим ему значком с добавочной штриховкой.

4. Коренные выходы и зоны окисленных руд указываются соответствующим значком полезного ископаемого. Ставится значок среднего размера. Если состав первичных руд по окисленной зоне не выяснен, то подобный выход указывается специальным значком. Рудные развалы, высыпки, осыпи указываются среднего размера значками того полезного ископаемого, которое в них имеется, с добавочной штриховкой для каждого вида россыпи. Единичные рудные валуны указываются особыми значками.

5. Полезные ископаемые, найденные в россыпях и шлихах, указываются обычными значками, принятыми для шлиховых проб. Ореолы рассеяния даются контурами. Если на основании изучения ореола рассеяния можно предполагать приблизительное местонахождение коренного выхода, последнее указывается стрелками.

6. Выход источника, содержащего полезное ископаемое, указывается соответствующим значком полезного ископаемого с добавочной штриховкой. Размер значка средний.

### Косвенные поисковые признаки:

1. Площади измененных пород наносятся контурами или условными знаками, в зависимости от их размеров и масштаба карты.

2. Выделенные площади измененных пород покрываются штриховкой, указывающей на характер процесса, вызвавшего изменение пород, и ставится соответствующая буква.

3. Если измененные породы занимают небольшие площади, то на месте их выхода, обозначенного на карте условно, ставятся буквы, указывающие на характер процесса, вызвавшего изменение (окварцевание, серицитизация, баритизация и т. д.).

4. Зоны охристых пород указываются на картах особым значком, если состав сульфидных руд не выяснен. Если состав руд выяснен, то присутствующее здесь полезное ископаемое указывается соответствующим значком среднего размера.

5. Частные структуры, рассматриваемые в качестве поисковых признаков, отмечаются особыми условными знаками.

6. Элементы рельефа, которые рассматриваются в качестве косвенных поисковых признаков, также должны быть обозначены условными знаками на карте.

Все поисковые признаки в поле наносятся на полевые экземпляры карты. При камеральной обработке составляется или специальная карта, или «накладка» к геологической карте на восковке. На накладке показывается вся геологическая нагрузка, которая имеется на геологической карте, только в контурах без раскраски.

«Горельники» Прокопьевского района — пример положительных форм рельефа угленосных толщ. Обычно же угленосным породам свойственны отрицательные формы, которые развиты в Башкирии, Минусинске, Кузбассе (в частности, в Томь-Усинском районе, где по рельефу угленосная толща картируется даже с самолета), Кизеловском бассейне и т. д.

Отрицательные формы свойственны легко разрушающимся породам (серицитовым, хлоритовым, тальковым, карбонатизированным сланцам).

Необходимо отметить, что иногда имеет значение определенное сочетание геоморфологических предпосылок. Так, в Казахской степи для рудоносных кварцитов характерны положительные формы рельефа, а обогащенные рудой участки среди кварцитов имеют отрицательную форму рельефа.

Формы рельефа имеют большое значение при поисках хрусталеносных жил. В ряде мест менее разрушаемые, чем вмещающие породы, кварцевые жилы, в том числе и хрусталеносные, часто выделяются среди наносов (или под ними) положительными формами рельефа, образуя своеобразные гривки. На Алдане хрусталеносные свиты кварцитов образуют положительные формы рельефа, что используется при картировании и поисках в условиях заболоченных и таежных мест.

С хрусталеносными кварцевыми жилами связано окварцевание вмещающих пород, а поэтому на участках распространения этих жил окварцеванные песчаники имеют положительные, резко обрывистые формы рельефа.

Положительные формы рельефа характерны для рудных тел пегматитовых и кварцево-касситеритовых месторождений, отрицательные формы — для сульфидно-касситеритовых месторождений.

Наконец, следует указать на своеобразные формы рельефа некоторых массивов, содержащих полезные ископаемые. Так, в Алданском районе постюрские породы, обычно золотоносные, имеют характерную, легко различимую форму рельефа, часто конусообразную.

Серпентиниты, в том числе и асбестоносные, которые весьма трудно поддаются процессам выветривания, часто образуют возвышенности.

Значительную роль геоморфологические признаки играют при поисках рудоносных россыпей, указывая на характер и время образования этих россыпей и на черты отличия от россыпей нерудоносных. Так, главные платиноносные россыпи на Среднем Урале давно известны. Однако до последнего времени делались и делаются находки новых нетронутых и иногда богатых россыпей. Эти находки обычно делались в отложениях верхних террас, иногда уже утративших связь с современными речными долинами. Появление богатых россыпей платины по речкам и притокам, не связанным с известными платиноносными центрами, в большинстве случаев объясняется наличием древних, не обнаруженных ранее россыпей. Поэтому важное значение приобретает внимательный геоморфологический анализ старых платиноносных районов.

Ю. А. Билибин предложил весьма интересную схему зональности россыпей, дающую возможность предугадывать характер россыпей в том или ином участке. Основная идея заключается в том, что при прочих равных условиях (характер пород, многоводность) участки речной системы, равно удаленные от базиса эрозии, находятся в одинаковом положении, которое характеризуется присутствием россыпей определенного типа.

С помощью продольных и поперечных профилей долин, объединяя участки рек, находящиеся в одной фазе развития, мы получаем зоны развития однотипных россыпей. Таким образом, характер рельефа может в некоторых случаях дать определенные поисковые признаки, а потому анализу форм рельефа следует уделять серьезное внимание.

Увязка с геологической картой поисковых признаков, обнаруженных во время геолого-съемочных работ, дает основные геологические предпосылки для постановки поисковых работ в районе. Эта увязка с картой — творческая работа. Она не может сводиться только к простой накладке поисковых признаков на геологическую карту и формальному сопоставлению размещения поисковых признаков и геологических контуров.

Требуется осмыслить внутренние причинные связи истории геологического развития данного района и конкретно установленного при геологической съемке размещения поисковых признаков. При этом надо оценить значение каждого из признаков, с одной стороны, в качестве указания на конкретное месторождение, с другой — в качестве указания на определенные геологические предпосылки к постановке специальных поисковых работ. Поисковые признаки, имеющие существенное значение в качестве указаний на конкретные месторождения полезных ископаемых, должны быть выделены и тщательно обследованы. Об итогах этого обследования с оценкой перспектив участка должно быть сообщено в вышестоящую организацию для постановки поисково-разведочных работ.

В результате геологической съемки все поисковые признаки должны быть приведены в систему по их связям с магматическими, стратиграфическими, литологическими, тектоническими и геоморфологическими предпосылками. Выяснение этих связей, т. е. конкретизация геологических предпосылок, — главная задача геолого-съемочных работ, а геологическая карта, отображающая эти предпосылки, должна рассматриваться как обобщение всей проделанной работы.

На геологической карте, стратиграфической колонке и геологических профилях особыми знаками должны быть выделены рудоносные интрузии и их активные контакты, продуктивные свиты и горизонты пород, рудоносные стратиграфические несогласия и перерывы в отложении пород, тектонические структуры и геоморфологические элементы, к которым приурочены месторождения полезных ископаемых.

Обобщение этих построений дается на карте в виде контуров площадей возможного распространения того или иного полезного ископаемого.

На геологических картах масштаба 1:200 000 выделяются целые районы и крупные площади для постановки перспективных поисков и отраслевых геологических съемок; на региональных геологических картах масштаба 1:50 000 выделяются отдельные месторождения, рудные поля и площади для постановки поисково-разведочных работ.

## **ПРИЗНАКИ ДЛЯ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВАЖНЕЙШИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ<sup>1</sup>**

Вопрос о надежных поисковых критериях, а в особенности о поисковых признаках на то или иное полезное ископаемое, является одним из наиболее сложных и мало разработанных вопросов прикладной геологии. В опубликованной геологической литературе этот вопрос затрагивается очень мало, в применении лишь к некоторым представителям полезных ископаемых. Поэтому многочисленные авторы данного раздела руководства должны были базироваться в основном лишь на собственном опыте и на опыте других советских геологов.

Среди советских геологов, занимающихся изучением месторождений полезных ископаемых, нет еще единого мнения о решающей или преобладающей роли тех или иных факторов, контролирующих оруденение, даже для родственных по генезису полезных ископаемых.

<sup>1</sup> Эта часть руководства составлена большим коллективом геологов (см. оглавление). Редактирование выполнено П. М. Татаринным.

Наряду с геологами, придающими решающую роль в локализации того или иного оруденения структурному контролю, имеются сторонники господствующей роли магматического, литологического или стратиграфического контроля. Указанное обстоятельство, обусловленное современным состоянием наших знаний в вопросах поисковых критериев, а также далеко не одинаковой степенью изученности различных полезных ископаемых, наложило отпечаток на построение и содержание отдельных частей этого раздела руководства.

Авторы и редактор не стремились рассматривать в руководстве детально те вопросы, которые освещаются в учебниках по месторождениям полезных ископаемых.

### **1. МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ**

Медные месторождения, разбросанные по всей территории СССР, весьма многочисленны и крайне разнообразны. Среди них можно встретить почти все известные в мире типы медного оруденения. Однако крупные промышленные объекты могут быть отнесены к одной из следующих пяти генетических групп:

1. Месторождения медистых песчаников и сланцев.
2. Залежи медистых колчеданов, широко проявленные на Урале и известные также в других районах СССР.
3. Контактново-метасоматические месторождения, являвшиеся одним из первых источников получения медных руд в России и не потерявшие еще своего значения до настоящего времени.
4. Месторождения медно-порфировых руд.
5. Жильные гидротермальные месторождения.

Кроме того, крупными запасами обладают месторождения типа вкрапленников в габбро, а также комплексные месторождения сульфидных медно-никелевых руд в основных породах и залежи полиметаллических руд, содержащих некоторое количество меди, добываемой в качестве побочного продукта.

Ниже мы остановимся лишь на месторождениях первых пяти групп, так как медно-никелевые месторождения и медьсодержащие полиметаллические месторождения рассматриваются соответственно в разделах, посвященных никелевым и полиметаллическим месторождениям, а вкрапленники в габбро не имеют широкого распространения.

Общим поисковым признаком, имеющим существенное значение для оценки перспектив исследуемой площади, является факт наличия в данном районе уже известных месторождений. Так, широкое развитие на Урале колчеданных залежей делает вероятным нахождение новых месторождений этого типа в еще не подвергавшихся достаточно детальным поискам районах Южного и Северного Урала, а также в ряде районов Среднего Урала.

Поэтому на геологических картах необходимо показывать известные месторождения, причем весьма желательно, чтобы в условных обозначениях были отражены не только вещественный состав, но и генетический тип оруденения.

На поверхность меднорудные залежи, как правило, выходят в измененном процессами выветривания, окисленном виде. Эти окисленные выходы — железные шляпы — являются наиболее надежным поисковым признаком, однако, чтобы рациональнее использовать его, надо правильно понять его значение для оценки нижележащих руд.

В связи с этим необходимы внимательное обследование окисленных выходов и нанесение их на карты особыми знаками, отличными от знаков месторождений. Методике обследования выходов и критериям, позволяющим дать оценку нижележащих руд, посвящена обширная литература. Эти вопросы детально рассмотрены в монографии С. С. Смир-

нова «Окисленные зоны сульфидных месторождений». Поэтому здесь нет надобности останавливаться на них подробно. Тем не менее, учитывая важность вопроса, мы вкратце отметим главнейшие критерии, используемые для суждения о составе первичных руд и наличии обогащенных зон.

Среди железных шляп медных месторождений выделяются два типа.

К первому типу относятся сплошные лимониты — железистые образования, сложенные гидроокислами железа с подчиненным количеством нерудных минералов или вовсе без них. Такие железные шляпы образуются на выходах сплошных сульфидных руд, богатых железистыми минералами (пирит, пирротин, халькопирит). При обилии серной кислоты, образующейся при окислении сплошных сульфидных руд, медь нередко выносятся полностью, так что характерные для окисленных минералов меди зеленые и синие окраски могут отсутствовать. В этих условиях не образуется и характерных ячеистых — ящичных структур лимонита. Наблюдаемые нередко пористые разности железняков сложены перенесенным натечным лимонитом и для суждения о составе первичных руд непригодны.

В железняках, происшедших из богатых серой колчеданных руд, может присутствовать ярозит, однако это еще не говорит о присутствии меди в рудах, подстилающих железную шляпу.

При отсутствии в железной шляпе вторичных окисленных минералов меди (а также свинца и цинка) некоторые данные для суждения об ее происхождении могут быть получены посредством химических анализов (на присутствие в железняках Au, Ag, Cu, S), но нередко природа этих образований распознается с трудом на основе общих геологических соображений.

Второй тип железных шляп образуется при окислении вкрапленных руд или рудных включений во вмещающей породе. Такого типа железные шляпы представляют собой обычно сильно измененную породу со следами вкрапленности сульфидов в виде окисленных минералов меди, с наличием новообразований лимонита, нередко имеющих характерные ящичные структуры, и пустот на месте выщелоченных первичных рудных минералов. Все эти критерии должны учитываться для суждения о составе подвергшихся окислению руд, а также о наличии зоны вторичного обогащения. Если в железной шляпе не наблюдается следов значительного выщелачивания медьсодержащих сульфидов, то вообще нет оснований ожидать наличия крупной зоны вторичного обогащения. Для суждения о последней необходимо принимать во внимание характер боковых пород, общие геологические условия, а также состав сульфидов первичных руд, так как образование вторичных сульфидов возможно лишь при наличии в первичных рудах богатых серой минералов.

Железные шляпы, как прямой и наиболее надежный признак месторождений, должны обязательно показываться на картах, причем желательно выделять различными знаками несомненные железные шляпы и образования не вполне ясного генезиса, а также железные шляпы первого и второго типов.

Отметив эти общие для всех медных месторождений поисковые признаки, перейдем к рассмотрению специфических признаков для различных типов оруденения.

**Месторождения медистых песчаников.** Месторождения медистых песчаников на территории СССР отличаются большим разнообразием, хотя большей частью рассматриваются как первично-осадочные или инфильтрационные образования. Исключение составляют месторождения Джезказгана и Минусинского района, происхождение которых связывают с гидротермальными растворами магматического происхождения.

Однако, несмотря на различие во взглядах на происхождение отдельных месторождений, можно отметить общие для всех них геологические

особенности. Медистые песчаники (и сланцы) как на территории СССР, так и во всем мире встречаются почти исключительно среди пестроцветных пород, которые рассматриваются различными авторами (в различных районах) как континентальные, дельтовые или прибрежно-морские осадки. Еще более четко проявляется строгая приуроченность оруденения к определенным стратиграфическим горизонтам. Рудные залежи встречаются в отложениях разного возраста: силурийских, каменноугольных, пермских и др. При этом, например, в красноцветных конгломерато-песчаниковых толщах Приуралья (главным образом казанского, отчасти уфимского, кунгурского и других ярусов) рудные скопления разбросаны и изолированы друг от друга как в плане, так и по вертикали.

При геологической съемке меденосные толщи должны выделяться во всех случаях на картах масштаба 1 : 500 000 и более детальных с соответствующим указанием в легенде на их оруденение; на картах масштаба 1 : 50 000, особенно в районах известных месторождений, желательно, кроме того, показать горизонты с выдержанным оруденением.

Необходимо указать еще на общую для всех районов приуроченность оруденения к зеленовато-серым или серым пластам, наблюдающимся среди красноцветных пород. Поэтому наличие зеленоватых и серых окрасок в рудоносной пестроцветной толще может служить косвенным признаком оруденения, и эти участки целесообразно подвергнуть более тщательным поискам на медь.

Для джезказганских месторождений, которые рассматриваются как гидротермальные, ряд авторов отмечает локализацию оруденения под контролем сбросо-сдвиговых нарушений, преимущественно северно-северо-восточного простирания, нередко выраженных на поверхности полосами роговиков и жилами барита и кварца. Кроме того, структурами, благоприятными для концентрации промышленного оруденения, считаются своды сравнительно крупных брахиантиклинальных складок и сопряженные с последними синклинали второго и третьего порядков. Вполне понятно, что все указанные и им подобные структурные элементы, контролирующие оруденение, при наличии соответствующих рудоносных толщ, должны показываться на картах, как благоприятные предпосылки для поисков.

**Колчеданные месторождения.** В пределах СССР залежи медистых колчеданов особенно развиты на Урале и в меньшей степени в других районах.

О генезисе уральских колчеданных залежей существуют различные мнения, и, в зависимости от той или иной точки зрения, в качестве поисковых признаков могут выделяться различные геологические факторы. Произведенная для Урала попытка установить тектонический контроль колчеданного оруденения не увенчалась успехом. Точно так же не удалось наметить связь распределения колчеданных залежей с распространением тех или иных интрузий. В противоположность этому, достаточно четко вырисовывается приуроченность месторождений к области развития эффузивных толщ верхнего силура и девона. Зона распространения этих пород и рассматривается как косвенный поисковый признак, хотя в этом отношении имеются отдельные исключения.

Работами последних лет намечена приуроченность некоторых колчеданных месторождений Урала к куполам брахиантиклинальных складок, что вызывает необходимость при съемочных работах обращать особое внимание на выяснение складчатой структуры эффузивных толщ. Не исключена возможность, что в будущем наличие брахиантиклиналей или других структурных элементов явится важным поисковым признаком для колчеданных залежей (особенно слепых), но в настоящее время значение этих структурных элементов не может быть полностью установлено.

Прямыми поисковыми признаками для колчеданных месторождений являются железные шляпы, представленные сплошными или пористыми бурными железняками, большей частью почти не содержащими вторичных медных минералов, но богатыми золотом и иногда баритом, и зоны измененных пород, различно представленные на Среднем и Южном Урале. На Среднем Урале колчеданные месторождения залегают среди более или менее интенсивно рассланцованных эффузивов и породы измененных зон представлены белыми кварцево-серицитовыми сланцами, обычно с вкрапленностью пирита. На Южном Урале рассланцованные эффузивы имеют ограниченное распространение и большинство месторождений залегают среди массивных эффузивных пород. Продуктом околорудных изменений последних являются большей частью кварцево-серицитовые породы, иногда трудно отличимые от неизменных разновидностей. В некоторых случаях зоны измененных пород имеют весьма ограниченное распространение.

В качестве поискового признака колчеданных месторождений на Алтае, наряду с общими геологическими данными, могут служить измененные зоны различного состава, которые и должны показываться на геологических картах.

Эти зоны сопровождают каждое из месторождений, причем их характер в значительной степени определяется супергенными процессами. Так, на Николаевском месторождении (Алтай) широко развита опализация пород, наблюдаемая в меньшей степени и около других рудных залежей.

Корчагинское и сходные с ним некоторые другие месторождения отличаются от прочих месторождений Алтая как составом своих руд, содержащих значительное количество пирротина, так и характером измененных вмещающих пород, представленных кордиерито-антофиллитовыми разновидностями. Структурный, а также стратиграфический контроль для этих месторождений в настоящее время не могут быть установлены. Генезис Корчагинского месторождения некоторые исследователи связывают со средними и основными интрузиями, но это мнение не всеми разделяется. В какой степени наличие интрузивных пород определенного возраста и состава может рассматриваться как поисковый признак, пока сказать трудно. Железная шляпа Корчагинского месторождения богата вторичными минералами меди.

Колчеданные месторождения Майкаинского района в Центральном Казахстане, по мнению ряда авторов, контролируются зонами смятия и рассланцованности различного направления, причем рудные тела нередко приурочены к местам схождения продольных и поперечных зон. Высказывается также мнение о приуроченности оруденения в Майкаинском районе к месту погружения мегаантиклинали, в связи с чем ставится общий вопрос, не являются ли такие части складчатых структур Центрального Казахстана благоприятными для проявления оруденения.

Измененные зоны майкаинских месторождений представлены кварцево-серицитовыми сланцами и вторичными кварцитами. Железные шляпы содержат значительное количество барита.

Таким образом, общими поисковыми признаками для колчеданных месторождений являются измененные зоны различного состава, а также железные шляпы. Стратиграфические и петрографические комплексы, а также структурные элементы в качестве поисковых признаков имеют значение для отдельных конкретных районов. Что же касается наличия интрузивных пород, то, хотя для отдельных месторождений устанавливается связь с определенными интрузиями, возможность использования этого фактора как непосредственного признака представляется мало вероятной.

**Контактово-метасоматические месторождения.** Месторождения этого типа широко развиты в различных районах СССР. Необходимым условием для образования контактово-метасоматиче-

ских месторождений меди является присутствие известняковых горизонтов в осадочных толщах и прорывающих эти толщи интрузивов, обычно граносиенитового или гранодиоритового состава. Наличие этих двух факторов — первая общая геологическая предпосылка для поисков, которая должна быть достаточно ясно отражена на геологических картах.

Более непосредственным поисковым признаком является наличие зоны скарнов и скарновых эпидозитов, как приуроченных к самому контакту, так и развивающихся на некотором расстоянии от него. Такие скарновые зоны нередко занимают столь значительные площади, что на карте масштаба 1 : 50 000 могут показываться соответствующими контурами, на картах же масштаба 1 : 200 000 и более мелких должны отмечаться особым знаком. В некоторых месторождениях скарны слабо развиты и оруденение приурочено к сильно измененной изверженной породе (роговообманковому сиениту), иногда полностью превращенной в пироксено-скаполитовую. Естественно, что такого рода измененные зоны должны показываться на картах наравне со скарнами.

Все указанные факторы могут быть использованы в качестве поисковых признаков лишь с учетом общей металлогении того или иного района. Так, в пределах Зеравшано-Гиссарской горной системы среди широко развитых здесь скарнов концентрации медных руд неизвестны. Поэтому наличие в картируемом районе известных медных месторождений контактового типа весьма существенно для оценки скарновых зон как поискового признака.

В условиях Урала с месторождениями меди генетически обычно связаны контактово-метасоматические месторождения железа, нередко содержащие промышленные количества меди в составе медистых магнетитов. Следовательно, контактовые магнетитовые залежи в этом случае должны рассматриваться как благоприятный признак при поисках медных руд.

В некоторых контактовых месторождениях локализация руд частично связана с элементами дизъюнктивной тектоники. Однако поисковое значение структурно-тектонического контроля оруденения для месторождений рассматриваемого типа пока еще недостаточно выяснено.

**Месторождения медных порфировых руд.** Поисковые признаки для этих месторождений следующие:

1. В Центральном Казахстане, где месторождения медных порфировых руд связаны обычно с массивами вторичных кварцитов, признаком таких месторождений являются формы рельефа, которые выступают на ровном фоне степи в виде сопок, сложенных трудно поддающимися эрозии кварцитами, иногда встречающихся целыми группами.

2. Однако в более узких пределах изолированных возвышенностей площади непосредственного распространения порфировых медных руд обычно характеризуются отрицательными формами рельефа, местными депрессиями, окаймленными более возвышенными участками окварцованных пород.

3. Наличие обычно небольших по размерам и разнообразных по форме интрузий (нередко мощных даек) гранодиорит-порфиров, монцонит-порфиров, реже более кислых и щелочных гранит-порфиров, прорывающих более значительные массивы гранитоидных интрузий или толщи эффузивных и осадочных пород.

4. Интенсивное гидротермальное изменение как интрузивных, так и вмещающих интрузии пород, выражающееся в их общем осветлении, окварцевании (обычно неполном), серицитизации, каолинизации и пиритизации. Наблюдается также развитие вторичного ортоклаза, а из цветных минералов — мелкочешуйчатого биотита (или флогопита) и хлорита.

5. Развитие общей лимонитизации, часто с окраской больших участков в буроватый или красновато-желтый тон, присутствие налетов, при-

мазок, прожилков медных зелени и сини, наконец, в сухое время года образование корочек гипса и других сульфатов в местах прошлого просачивания грунтовых вод.

6. Наличие прожилков и примазок халькозина в местах, где быстрая эрозия удаляет продукты зоны окисления (часто на скалистых крутых участках или по тальвегам каменистых промоин).

7. Наличие вкрапленности и тонких (до волосных) прожилков пирита и халькопирита.

8. Специально для молибдена — присутствие вкрапленности и тонких прожилков молибденита, кварцевых жил с молибденитом, а в зоне окисления, кроме того, налетов и примазок светложелтого ферромолибдита или зеленовато-серого повеллита. Ввиду значительной устойчивости молибденита при поверхностном изменении, его чешуйки могут наблюдаться на выходах рудоносных пород и при полном выщелачивании других сульфидов, а также и окисленных медных минералов.

Из перечисленных признаков на картах масштаба 1 : 200 000 и более крупного следует изображать все выходы интрузивных пород (поскольку позволяют их размеры для данного масштаба), а также участки гидротермального изменения пород, лимонитизации и распространения окисных соединений меди.

При малых для данного масштаба карты размерах площади измененных или окрашенных гидроокислами железа пород следует отмечать особым условным знаком.

**Жильные гидротермальные месторождения.** Месторождения этого типа имеют такие же поисковые признаки, какие характерны для гидротермальных жильных образований других металлов. К ним относятся железные шляпы, зоны измененных окислительных пород, а также структурно-тектонические элементы, которые могут контролировать распределение рудных залежей в данном районе.

## 2. ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Под полиметаллическими месторождениями обычно подразумевают месторождения существенно свинцово-цинковые, часто содержащие также серебро, кадмий, медь, золото и другие металлы.

Главными минералами полиметаллических руд являются: сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, в меньших количествах другие сульфиды и сульфосоли. Жильные минералы: кварц, карбонаты, барит, серицит, реже хлорит, флюорит и др.

Среди полиметаллических месторождений следует различать месторождения с рудами: 1) отложенными в пустотах, 2) образовавшимися путем замещения и 3) смешанного типа. Происхождение полиметаллических месторождений различно, но наиболее важное промышленное значение имеют следующие генетические типы.

**Контактово-метасоматические месторождения.** Сульфиды свинца и цинка нередко встречаются в контактово-метасоматических (скарновых) месторождениях. В таких рудах совместно с сульфидными цинка, свинца и иных металлов находятся гранаты, пироксены, амфиболы и другие контактовые минералы, образующие разного состава скарны. Нередко отмечается более молодой возраст свинцово-цинкового оруденения, наложенного на типично контактово-метасоматические породы и руды. Формы рудных залежей изменяются от жильных и пластовых до неправильных.

Встречаются месторождения с особыми рудами, например с силикатами цинка (франклинитом и др. — Нью-Джерси), со сфалеритом и галенитом, вкрапленными в кристаллические сланцы и гнейсы (Швеция — Аммельберг). Генезис их, связанный с глубоким метаморфизмом, вызывает много споров.

**Высокотемпературные месторождения.** Известны месторождения с пластовыми залежами, образовавшимися путем отложения в пустотах с сопутствующим замещением (например, месторождение Брокен-Хилл в Австралии), и месторождения замещения (Сулливан в Канаде).

**Среднетемпературные месторождения.** Известны жильные месторождения (Садон, Карачаевское на Кавказе, Бьютт в США), месторождения с пластовыми залежами — отложения в пустотах с сопутствующим замещением (на Алтае — Змеиногорск, Риддер, Зыряновск) и месторождения замещения (Нерчинский округ).

**Низкотемпературные месторождения.** Из месторождений этого генетического типа большое значение имеют низкотемпературные месторождения умеренных глубин (телетермальные). Руды образуются отложением рудных минералов — галенита и сфалерита — в карбонатных породах (известняках и доломитах). Жильные минералы — карбонаты, барит, кварц. Сюда относятся преимущественно месторождения замещения (Кара-Тау в Казахстане). Изверженные породы, с которыми могут быть связаны месторождения, отсутствуют на дневной поверхности. В отношении ряда месторождений этого типа, характеризующихся послойно-вкрапленным оруденением, некоторые исследователи высказывают мнение об их первично-осадочном генезисе.

Интересно сравнение количеств руд и металлов, добываемых из месторождений разного генезиса, для выявления промышленного значения разных типов месторождений. Можно принять, что от всей мировой добычи контактово-метасоматические и высокотемпературные месторождения дают 26% цинка и 21% свинца, среднетемпературные — около 21% цинка и 56% свинца, низкотемпературные — 51% цинка и 21% свинца и только 2% от всей добычи свинца и цинка приходится на остальные типы месторождений. Отсюда видно, что наибольшее значение имеют средне- и низкотемпературные месторождения, дающие совместно три четверти всей добычи свинца и цинка.

**Связь оруденения с изверженными породами.** Значительная часть полиметаллических месторождений находится в районах развития изверженных пород. Между последними и оруденением многие исследователи устанавливают генетическую связь. Граут пришел к выводу о связи месторождений свинца и цинка с изверженными породами ряда гранодиорит — гранит, о более редкой связи их с кварцевыми диоритами и о связи некоторых месторождений цинка с сиенитами. Для полиметаллических месторождений в ряде районов наблюдается родственная связь с гипабиссальными породами соответствующего состава (гранодиорит-порфирами, гранит-порфирами, кварцевыми порфирами, нередко интенсивно альбитизированными). Наконец, в вулканических областях месторождения свинца и цинка находятся в связи с корнями излияний лав кислых и переходных к средним.

Факторы, обуславливающие пути рудоносных растворов и места рудоотложения, имеют значение для всех месторождений и требуют при геологической съемке особого внимания. В свою очередь эти факторы зависят от тектонических условий — пликтивных и дизъюнктивных, от стратиграфических разрезов толщ, вмещающих месторождения, и от литологического состава этих толщ.

**Литологический контроль оруденения.** Полиметаллические месторождения встречаются в различных породах — интрузивных, эффузивных, осадочных и метаморфических. Наибольшее количество месторождений, однако, находится среди кислых силикатных или карбонатных пород. Характерно, что в некоторых районах полиметаллическое оруденение приурочено почти исключительно к карбонатным породам, при отсутствии его в силикатных породах, в других же районах, наоборот, оруденение связано с силикатными породами, тогда как карбонатные

породы остаются безрудными (Салаир). Геолог, приступая к съемке в районе с уже известными полиметаллическими месторождениями, должен по этим месторождениям выяснить, к какому комплексу пород приурочено оруденение.

Во многих районах устанавливается преимущественная приуроченность оруденения, в особенности метасоматического, к определенным стратиграфическим и литологическим горизонтам, выделяемым в этих случаях как «благоприятные» горизонты. Такая локализация оруденения определяется рядом факторов, из которых самыми важными являются:

1) химический и минералогический состав пород благоприятных горизонтов;

2) структурные, текстурные (зернистость, слоистость, пластовая отдельность, пористость, хрупкость) и другие физические особенности благоприятных горизонтов;

3) доступность пород для рудообразующих растворов, обусловленная предшествующей тектонической подготовкой (трещиноватость, расслоение по слоистости, наличие поверхностей послонного смещения пород и т. д.);

4) наличие в кровле или почве благоприятных горизонтов таких пород, которые могли оказать влияние на движение рудообразующих растворов как подпруживающие или экранирующие поверхности.

В районах, где оруденение развито в карбонатных породах, установлено, что чаще оно приурочено к доломитам, чем к известнякам. Мергели и известково-глинистые сланцы значительно реже содержат руду, но по контактам с ними в известняках и доломитах оруденение концентрируется особенно часто (экранирующая роль глинистых пород).

Структурный контроль оруденения. При геологических съемках масштабов 1 : 200 000 и более крупных с особым вниманием должны быть изучены следующие вопросы структурного контроля оруденения:

1. Положение известных в изучаемом районе (или в смежных районах) месторождений по отношению к крупным, региональным складчатым структурам. Наибольшим признанием пользуется представление о преимущественной приуроченности месторождений, рудных узлов и полей к крупным антиклинальным или брахиантиклинальным структурам, хотя не исключена возможность обнаружения полиметаллических месторождений и в синклиналильных структурах.

2. Положение месторождений по отношению к крупным разрывам — надвигам, сбросам регионального значения, к зонам смятия, зонам разлома. В большинстве рудных провинций мира месторождения довольно ясно тяготеют к таким крупным нарушениям. Однако есть районы, где такой связи пока не отмечается (например, Восточное Забайкалье).

3. Связь оруденения с второстепенными складчатыми структурами. В некоторых районах, например, четко намечается приуроченность оруденения к мелким куполам и седлам антиклинальных складок.

4. Приуроченность оруденения к второстепенным разрывным нарушениям, как крутопадающим — типа сдвигов, надвигов, сбросов и трещин разрыва без смещения, так и пологопадающим — типа пологих надвигов, зон послонного смещения и брекчирования пластов.

5. Возраст контролирующих и вмещающих оруденение нарушений и относительный возраст прочих разрывных нарушений — дорудных и пострудных.

Зоны гидротермальных изменений. Для полиметаллических месторождений зоны измененных боковых пород заслуживают внимания и изучения при геологической съемке, так как они являются поисковым признаком и, кроме того, позволяют судить о характере и масштабе действия рудоносных растворов.

Отметим важнейшие изменения боковых пород, сопровождающие месторождения свинца и цинка: окварцевание, серицитизация, карбонатизация, доломитизация известняков, турмалинизация, хлоритизация, алунизация, баритизация. Перечисленные изменения могут проявляться в чистом виде или чаще в комбинированном.

Здесь не перечислены изменения пород, характерные для скарных контактово-метасоматических и высокотемпературных месторождений. Эти изменения, повидимому, всегда предшествуют свинцово-цинковому оруденению. Последнее накладывается на минералы высокотемпературных изменений (гранат, пироксены, амфиболы и др.), замещая их не только сульфидами свинца, цинка и других металлов, но и сопровождающими свинцово-цинковое оруденение минералами — кварцем, карбонатами, хлоритом и пр.

Всесторонние исследования гидротермально измененных пород при геологической съемке совершенно необходимы как для познания месторождений, так и для установления закономерностей их распределения, для уточнения поисковых признаков в данном районе.

Доломитизация известняков отмечается во многих районах развития полиметаллического оруденения. Известно немало таких месторождений, где доломиты пространственно тесно связаны с оруденением и поэтому они могут указывать на возможное наличие оруденения. В то же время в других рудных районах доломиты настолько широко распространены, что практически уже теряют значение поискового признака.

Есть, однако, основание предполагать, что в ряде случаев широко распространенные пластовые доломиты, которым нередко без достаточных оснований приписывается гидротермальный генезис, представляют собой первичные седиментационные образования. Важно расчлнить доломиты на первичные (осадочные) и гидротермальные, поэтому при съемке необходимо не только отмечать наличие доломитов, но также устанавливать характер их распространения, их текстуру, структуру и происхождение.

Особое внимание должно быть обращено на доломитовые тела с неправильными контурами, контролируемые трещинами и сложенные крупнокристаллическими, обычно светлыми разностями доломита. Эти тела почти всегда являются гидротермальными.

Силицификация также нередко сопровождает полиметаллическое оруденение в карбонатных породах. Обычно она проявляется в неправильных по форме метасоматических образованиях тонкозернистого халцедонового кварца. Наблюдается и другая форма проявления силицификации, выражающейся в развитии мелких идиоморфных кристаллов кварца в карбонатных породах. Этот вид силицификации может быть установлен, однако, лишь под микроскопом.

Баритизация доломитов и известняков, вмещающих оруденение, известна в некоторых полиметаллических месторождениях телетермального типа. В отдельных случаях она проявляется весьма интенсивно и пространственно тесно связывается с оруденением, а поэтому может рассматриваться как благоприятный поисковый признак. Как указывалось выше, крупное месторождение свинцовых руд в Кара-Тау было найдено и прослежено по простиранию вдоль зоны баритизации в доломитах.

Кроме гидротермального изменения вмещающих полиметаллические месторождения пород, рудоносные растворы могут, распространяясь значительно шире рудных залежей, заполнять различными минералами пустоты, главным образом трещины, образуя многочисленные жилки кварца, карбонатов, барита и пр. Обнаруживание и прослеживание таких жилок, изучение их состава, характера и распределения могут, по аналогии с уже известными месторождениями района, дать в руки геолога еще один поисковый признак, пригодный, если он достаточно обоснован, для нахождения новых месторождений.

Выходы рудных залежей на поверхность. В выходах полиметаллических залежей на дневную поверхность очень редко наблюдаются неизменные первичные рудные минералы, представленные обычно сульфидами (только в высокогорных и полярных областях). Сульфиды, как правило, легко разлагаются агентами поверхностного окисления, замещаются сернокислыми, углекислыми соединениями и гидроокислами металлов. В результате цинк выносится растворами в виде сернокислых солей и отлагается в стороне или внизу в форме карбоната (смитсонита). Свинец мало подвижен и остается на месте главным образом в форме карбоната (церуссита), меньше в виде англезита, плюмбоарозита и других минералов.

Так как свинец и цинк в полиметаллических рудах находятся совместно с другими металлами, присутствующими также в виде сернистых соединений (наиболее обычны пирит), в результате разложения сульфидов образуется большое количество гидроокислов железа, прикрывающих выход рудного тела так называемой железной шляпой. Внимательный осмотр структур бурых железняков железной шляпы, а главным образом опробование их иногда указывают на следы или наличие свинца и цинка, что дает достаточный повод принимать железную шляпу за выход полиметаллических руд (цинк может быть совершенно вынесен из железной шляпы).

Развивающаяся при окислении сульфидов серная кислота вместе с водой и углекислотой сильно влияет не только на руды, ускоряя их разложение, но и на вмещающие породы, изменяя их. В результате из вмещающих пород выносятся поверхностными и грунтовыми водами те составные части (главным образом различные основания), которые переходят в растворимые соединения. Вследствие такого выщелачивания кислыми водами, породы, вмещающие рудные залежи, обесцвечиваются, в них развиваются водные алюмо- и феррисиликаты (галлуазит, аллофан, нонтронит и др.), нарушается монолитность пород, они приобретают рыхлость, превращаются иногда в глины. Другие составные части переходят в коллоидное состояние и отлагаются поблизости, нередко цементируя рыхлые массы близлежащих пород. Так образуются породы, пропитанные кремнеземом (иногда в виде опала), или накапливаются алюмосиликаты или окислы и гидроокислы железа и алюминия.

Перечисленные изменения, выраженные зонами обесцвечивания (часто их называют каолинизированными зонами, хотя галлуазит и аллофан далеко не всегда играют в них заметную роль), пропитывания пород кремнеземом, часто вместе с гидроокислами железа бурого цвета, могут указывать на влияние серной кислоты, образовавшейся вследствие окисления сульфидов. Однако эти изменения присущи выходам всех сульфидных рудных залежей, не только полиметаллических.

Рудные выходы в карбонатных породах нередко бывают размыты и прикрыты осевшими породами всякого бока, иногда с образованием брекчий оседания и развитием карста. Очень часто рудные выходы приурочены к отрицательным формам рельефа и даже закрыты современными отложениями.

Сочетание зон гидротермально измененных пород (окварцованных, серицитизированных и т. п.) с зонами или участками пород осветленных, разрушенных, глинистых, местами пропитанных кремнеземом, гидроокислами железа, наличие скоплений бурого железняка (железные шляпы), особенно с примазками медных зелени и сини, могут убедительно указывать на возможность нахождения сульфидных залежей. Являются ли эти залежи полиметаллическими, сказать обычно невозможно. Для установления этого необходимо прежде всего доказать присутствие свинца (или цинка, что труднее) в зоне окисления путем нахождения остаточных сульфидов или церуссита или соответствующих структур в бурых железняках, либо путем опробования.

Согласно общепринятой в Советском Союзе классификации (предложенной С. С. Смирновым), оловорудные месторождения делятся на следующие генетические типы:

1. Оловоносные пегматиты.

2. Месторождения кварцево-касситеритовой формации.

3. Месторождения сульфидно-касситеритовой формации, подразделяющиеся на группы: а) собственно сульфидно-касситеритовых, б) мало-сульфидных с железистыми силикатами (турмалин, хлорит), в) контактово-метасоматических.

Оловоносные пегматиты в большинстве случаев не дают промышленных коренных месторождений. В лучшем случае среди них находятся мелкие объекты, пригодные для старательской добычи, где касситерит обычно добывается комплексно с другими полезными компонентами пегматитов (полевой шпат, литиевые минералы, колумбит и др.). Рыхлые отложения как продукт разрушения оловоносных пегматитов гораздо чаще дают промышленные россыпи (обычно некрупные, редко — средние), нежели соответствующие коренные месторождения.

Промышленные месторождения кварцево-касситеритовой формации встречаются относительно нечасто. По своему масштабу они относятся к мелким и средним, крупные месторождения среди них исключительно редки и в мировой практике насчитываются единицами.

Наоборот, россыпи, связанные с месторождениями кварцево-касситеритовой формации, весьма часто имеют промышленный характер и нередко содержат значительные запасы олова. Достаточно сказать, что больше половины мировой продукции олова получается из россыпей, возникших за счет месторождений кварцево-касситеритовой формации.

Промышленные месторождения среди сульфидно-касситеритовой формации встречаются относительно часто. В эту группу попадают почти все крупные и очень крупные оловорудные месторождения мира. Россыпи же, связанные с сульфидно-касситеритовыми месторождениями, наоборот, весьма невелики и почти не играют никакой роли в мировой экономике.

Характерные признаки основных генетических типов оловорудных месторождений сведены в табл. 12.

Оловоносные пегматиты. Касситерит накапливается в пегматите в конце геофазы E и в течение всей геофазы F (по А. Е. Ферсману). Наиболее благоприятны в отношении касситерита натро-литиевые пегматиты типа V (по А. Е. Ферсману), а также своеобразные низкотемпературные альбитовые пегматиты (безлитиевые) с зеленоватой слюдой. Накоплению олова в пегматитах способствует наложение последующих пневматолито-гидротермальных стадий на собственно пегматитовые. Наряду с литиевыми минералами характернейшим спутником касситерита в пегматитах во многих случаях является альбит.

Кварцево-касситеритовый тип. С точки зрения геологической позиции (главным образом взаимоотношений с интрузивами и петрохимическими особенностями самих оловоносных гранитов) этот тип имеет много общего с пегматитами. Признаками месторождений кварцево-касситеритовой формации, важными для установления ее в полевых условиях, являются: 1) крупность и обычно хорошая огранка кристаллов касситерита; 2) нередко тесная ассоциация касситерита с вольфрамитом; 3) весьма характерные околорудные изменения в виде грейзенов и обогащенных светлой слюдой окварцованных пород.

Сульфидно-касситеритовый тип. Как видно из приведенной выше классификации, этот тип объемлет весьма широкий круг месторождений.

Генетические типы (формации) и подтипы	Характер рудоносных интрузий	Положение месторождений относительно интрузий	Металлогеническая ассоциация (сопутствующие полезные ископаемые)
1. Оловоносные пегматиты а) Мусковито-альбитовый (топазо-мусковито-альбитовый) б) Сподумено-альбитовый (натро-литиевый)	Кислые и ультракислые калиевые граниты. Крупные интрузии синтетектонического типа большой и средней глубинности	Чаще внутри интрузии близ ее кровли и контактов, иногда в экзоконтакте не слишком далеко от интрузии (1—2 км)	а) Тантал-ниобий; редкие земли б) Литий, бериллий, цезий
2. Кварцево-касситеритовый а) Собственно кварцево-касситеритовый б) Грейзеновый в) Топазо-кварцевый, полевшпатово-кварцевый	Частично такие же, как и в оловоносных пегматитах (особенно для типов „б“, „в“). Чаще интрузии гипабиссальные или средней глубинности, синтетектонического типа, кислые или реже ультракислые	В кровле или приконтактной части интрузии (в экзоконтакте). Нередко сопряженность с гранит-порфировыми штоками или дайками — апофизами интрузии	Вольфрам, висмут
3. Сульфидно-касситеритовый а) Скарновый б) Турмалино-сульфидный в) Хлорито-сульфидный г) Галенито-сфалеритовый д) Малосульфидный с железистыми силикатами	Граниты, гранодиориты, кварцевые диориты, реже сиенито-диориты. Крупные и среднего размера интрузии средней, реже малой глубинности. Иногда интрузии глубокого заложения В тесной ассоциации с малыми интрузиями (штоками, дайками), близповерхностными или малой глубинности. По составу наиболее характерны умеренно кислые породы (гранодиориты, гранодиорит-порфиры, диоритовые порфиры, диоритовые порфириты) и кислые породы (граниты). Некоторые месторождения не имеют видимой связи с интрузиями	В контактовых зонах интрузии	Железо, мышьяк, медь, реже свинец, цинк, кобальт, вольфрам  Свинец, цинк, серебро
4. Риолитовый	Кислые и ультракислые эффузивы (риолиты, кварцевые порфиры)	Трещины и полости в рудоносных эффузивах	—

Минералогический состав рудных тел (кроме касситерита)	Тип касситерита (для оценки шлиховых ореолов)	Наиболее характерные вмещающие породы	Околорудные изменения
а) Кварц, альбит, микроклин, мусковит б) Кварц, альбит, сподумен, микроклин, лепидолит, полихромный турмалин	Зерна средние (более 1 мм) и крупные (1 см и более), с отсутствием или слабым развитием граней призмы. Из примесей характерно наличие ниобия и в особенности тантала. Цвет черный или очень темный	Граниты, кристаллические и метаморфические сланцы, реже песчаники и глинистые сланцы. Крайне редко карбонатные породы	Грейзенизация
Кварц, вольфрамит, циннвальдит, флюорит, топаз, турмалин, сидерофиллит, самородный висмут, немного сульфидов, иногда берилл	Крупные и очень крупные зерна (1 см и более). Прекрасно образованные кристаллы с преобладающим развитием дипирамиды, часты двойники. Цвет бурый, коричневый, редко светлый	Граниты, глинистые сланцы и песчаники	Грейзенизация, слюдяные оторочки вдоль зальбандов жил, окварцевание
Силикаты железа, магния и кальция (гранаты, пироксены, везувианы, амфиболы), кальцит, плагиоклазы, кварц, аксинит, флюорит, скаполит, магнетит, леллингит, арсенопирит, шеелит Кварц, сульфиды (пирротин, арсенопирит, пирит и др.). Для галенито-сфалеритового типа — игольчатые кристаллы, сростки неправильных зерен. Иногда колломорфные образования деревянистого олова. В типе „г“ тесные прорастания с сульфидами	Чрезвычайно тонкоагрегатный, нередко в теснейшем сртанисе с магнетитом и силикатами	Карбонатные породы	Скарнирование
Халцедоновидный кварц, халцедон, гематит (спекулярит), биксбит (Mn, Fe) MnO <sub>3</sub>	Шарики, почковидные, скорлуповатые агрегаты колломорфного деревянистого олова, от первых миллиметров до десятка сантиметров в поперечнике	Кислые эффузивы	Слабое окремнение
	Мелкие и очень мелкие (менее 1 мм), иногда неразличимые невооруженным глазом зерна, игольчатые кристаллы, сростки неправильных зерен. Иногда колломорфные образования деревянистого олова. В типе „г“ тесные прорастания с сульфидами	Глинистые сланцы и песчаники, кислые эффузивы и их туфы	Хлоритизация (хлорит железистый), окварцевание, турмалинизация, серицитизация; новообразование каолина и иногда алунита. Изредка образуются фаялито-гастингситовые силикатные породы

Из характернейших особенностей месторождений сульфидно-касситеритового типа необходимо отметить: 1) малый размер зерен касситерита, обычно не превышающий 1—1,5 мм, а чаще значительно меньший (пылевидный касситерит); 2) парагенезис с сульфидами или продуктами их окисления, для малосульфидных месторождений — парагенезис касситерита с железистыми хлоритом или турмалином; 3) околорудные изменения, проявляющиеся в хлоритизации (хлорит железистый), турма-

линизации и сопровождаемые окварцеванием и новообразованием серицита.

Некоторым месторождениям свойственно широкое развитие в рудах и рудовмещающих породах каолина и алунита. Особенностью многих месторождений сульфидно-касситеритовой формации является большой размах процессов гидротермального изменения вмещающих пород, которое выходит далеко за пределы собственно рудных тел. Следовательно,

внимательное изучение таких полей гидротермально измененных пород очень важно для поисковых работ, сопровождающих геологическую съемку.

В качестве косвенных поисковых признаков можно отметить также обычно положительные формы рельефа и светлые тона окраски рудных тел пегматитовых и кварцево-касситеритовых месторождений, отрицательные формы рельефа и охристые, обычно темнокоричневые (бурые) тона окраски рудных тел сульфидно-касситеритовых (особенно оловянно-полиметаллических) месторождений.

Шлиховая карта с оконтуренными ореолами рассеяния касситерита, составление которой при геологической съемке в районах возможной оловоносности обязательно, позволит определеннее наметить участки вероятного нахождения коренных месторождений.

Структуры, контролирующие локализацию оловянного оруденения, те же, что и для большинства других магматогенных рудных месторождений (линии разломов, куполовидные поднятия в антиклинальных складках, контактовые зоны, узлы пересечения различных структур и т. п.).

#### 4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ НИКЕЛЯ

Промышленные месторождения никеля делятся на следующие главные типы:

1. Месторождения сульфидных никелевых и медно-никелевых руд в основных и ультраосновных породах, содержащие также кобальт и нередко металлы группы платины и золото.

2. Жильные месторождения сернисто-мышьяковых руд никеля, содержащих также кобальт, серебро. Сюда же можно отнести медно-никелевые руды со сравнительно низким содержанием никеля вместе с кобальтом (типа пышминских руд).

3. Месторождения выветривания (силикатные руды никеля на ультраосновных породах).

4. К четвертому типу, промышленное значение которого еще не вполне ясно, относятся сульфидные осадочные месторождения никеля.

В мировой добыче никеля первый тип месторождений дает около 90% металла. На втором месте стоят месторождения выветривания на серпентинитах и перидотитах. В жильных месторождениях никель имеет второстепенное значение и добывается попутно, но этот тип является главным для кобальта.

Рассмотрим главные поисковые признаки для различных типов месторождений.

Месторождения сульфидных руд никеля в основных и ультраосновных породах. Месторождения этого типа довольно многочисленны, но лишь немногие из них имеют значительные размеры и крупное значение в промышленном отношении. Однако в рудах этих немногих месторождений заключена основная масса мировых запасов никеля.

Очень характерна геологическая связь месторождений с определенными вмещающими породами: основными (нориты и гораздо реже габбро) и ультраосновными (обычно перидотиты и возникшие из них серпентиниты, реже пироксениты). Некоторые месторождения подчинены диабазам и габбро-диабазам, близким к норитам, а не к габбро. Пироксениты в них представляют собой изоморфные смеси, богатые пиджонитовой молекулой.

Вмещающие породы в крупнейших мировых месторождениях представляют собой согласные интрузии, пластообразные залежи, лополиты, лакколлиты, лежащие сравнительно полого, даже горизонтально или мульдобразно (в пределах платформ и древних щитов). В сложносклад-

чатых поясах мы, по существу, не знаем крупных месторождений подобного типа.

Главные рудные минералы — пирротин, пентландит и халькопирит. Наряду с никелем руды содержат медь, кобальт, палладий, платину, золото и серебро в количествах, заслуживающих внимания с промышленной точки зрения. Месторождениям обычно приписывается магматический генезис, причем полагают, что сульфидный расплав обособился от силикатной части в процессе кристаллизации и остывания магмы. Вследствие гравитационной дифференциации сульфидные залежи оказываются приуроченными ко дну интрузии, но наблюдаются и явления инъекции сульфидов в виде жил и столбов в уже застывшие части интрузии по разломам и даже случаи внедрения в боковые породы. Эти инъекционные образования обычно бывают более богатыми, чем пластовые залежи вкрапленных руд у дна интрузии.

При распаде и кристаллизации сульфидного расплава нередко наблюдаются значительные изменения (хлоритизация, серпентинизация и пр.) околорудных пород. В рудных вкрапленниках обычны структуры, подобные сидеронитовым, но наблюдаются и явления метасоматического отложения рудных минералов по силикатам. Эти явления дают основание предполагать, что руды отлагались также и из гидротермальных растворов.

Вмещающие интрузии нередко чрезвычайно правильно расслоены (например, бушвельдский комплекс), причем сульфидные вкрапленники оказываются приуроченными к определенным горизонтам — часто у дна интрузии, иногда также у ее кровли, или контролируются горизонтом определенного петрографического состава (риф Меренского в бушвельдском комплексе). Поисковая задача прежде всего заключается в изучении послойного разреза интрузии и нахождении рудного горизонта в изучаемой части интрузии. К этому сводится структурный контроль оруденения внутри материнской интрузии: обособление сульфидов у дна интрузии или в определенных ее горизонтах и инъекции по разломам внутри интрузии или у ее контактов.

При поисках и разведке месторождений этого типа, особенно при наличии сплошных руд, с успехом применяются электрические и магнитные методы геофизической разведки.

Преобладающий минерал рудных залежей; пирротин, чрезвычайно легко окисляется и разлагается на воздухе. Вследствие этого даже в полярных условиях и в области недавнего оледенения зона окисления достигает большой глубины. Интенсивное заохривание дают даже сравнительно убогие вкрапленники пирротина и даже в условиях сурового континентального климата.

В качестве поисковых признаков должны быть указаны: 1) обохренность пород, часто уже на небольшой глубине сменяющаяся полуокисленными сульфидами; 2) наличие на поверхности выветрившихся пород и на стенках трещин характерных выцветов и пленок моренозита, мелантерита, эритрина, нонтронита, ярозита и других минералов; 3) наличие типичных железных шляп, места которых бывают иногда отмечены провалами или узкими щелями, забитыми моренным материалом; 4) наличие вторичных минералов никеля, меди и кобальта в элювии и делювии (иногда в крайне измельченном состоянии и малом количестве), которые часто могут быть установлены только чувствительными химическими реакциями или спектроскопическими исследованиями (в этих случаях необходимо применять металлометрическую съемку и изучение ореолов рассеяния).

Сравнительно простые методы обогащения при металлургической обработке этих руд позволяют эксплуатировать месторождения со значительно более низким содержанием никеля, чем в силикатных рудах.

Жильные месторождения сернисто-мышьяковых руд никеля. Месторождения этого типа представляют собой очень своеобразную жильную формацию. Рудными минералами в ней являются арсениды и сульфосениды никеля и кобальта вместе с самородным серебром и сульфосолями серебра. Обычно в этих месторождениях присутствуют также медь, висмут и другие металлы. Жильными минералами являются преимущественно различные карбонаты и в подчиненном количестве кварц. Хотя в этих рудах никель содержится в промышленном количестве, главная ценность их определяется содержанием кобальта и серебра.

Подобные месторождения встречаются в различных частях света. Однако генетическая связь их с определенной магмой неясна. В ряде случаев эти месторождения связывают с гранитами. В частности, они встречаются в ассоциации с оловорудными месторождениями (районы Яхимова и Корнуэлла). Но редкость этой жильной формации и своеобразие ее минерального состава не позволяют считать ее нормальной для гранитных интрузий. В большинстве случаев интрузии, с которыми можно было бы связывать жильные месторождения, отсутствуют. В районе Кобальт (Онтарио) кобальто-серебряные жилы структурно связаны с пластовой интрузией микропегматитовых диабазов. Ряд авторов считает эту связь не только структурной, но и генетической.

В общем геологические предпосылки поисков жильных месторождений не выяснены. Характерен минералогический состав жильных заполнений и отчасти текстура руд. Для зоны окисления бросаются в глаза кобальтовые и никелевые цветы (эритрин и аннабергит).

Месторождения выветривания (силикатные руды никеля). По своему промышленному значению эти руды стоят на втором месте после сульфидных руд типа Сэдбери.

В современную геологическую эпоху месторождения выветривания ультраосновных пород образуются в условиях тропического и субтропического климата (Новая Каледония, Куба, Зондский архипелаг и т. д.). В условиях Советского Союза они приурочены к древней коре выветривания гипербазитов, образовавшейся в течение мезозоя и третичного периода.

Постмагматические изменения гипербазитов, в частности серпентинизация, очевидно, не имеют отношения к концентрации никеля. Исследования показывают, что при серпентинизации оливина происходит некоторая потеря и рассеяние никеля: оливин и оливиновый перидотит содержат обычно больше никеля, чем возникший из них серпентинит.

Каковы же основные предпосылки для нахождения месторождений выветривания?

Широкое развитие ультраосновных пород является первой геологической предпосылкой, необходимой для поисков этих месторождений. Однако первичное оруденение в ультраосновных породах (преимущественно перидотитах и возникающих из них серпентинитах) характеризуется небольшим содержанием никеля (десятые и сотые доли процента). Для образования более богатых руд необходимы дополнительные условия: а) большая мощность и длительное время формирования коры выветривания; б) сохранение ее от размыва в дальнейшем; в) обстановка, благоприятствующая местной концентрации никеля в коре выветривания. Последнее условие связано с профилем коры выветривания, кислотностью (рН) растворов, влиянием древнего микрорельефа, трещинной тектоникой (месторождения в зонах разломов), наличием по соседству некоторых пород (например, близость известняков, благоприятствующих отложению никеля из растворов).

Условия формирования никеленосной коры выветривания на гипербазитах близки к условиям современного латеритного выветривания в тропической и субтропической зонах. В пределах СССР подобные

условия, за исключением разве Черноморского побережья, отсутствуют. Широко распространена, однако, в частности на Урале и в Казахстане, древняя кора выветривания (мезозойского и третичного времени), строение которой во многом сходно с «латеритным профилем». Образование ее связано с иным климатом в прошлом и, быть может, иным составом атмосферы, как это полагает И. И. Гинзбург<sup>1</sup>. Таким образом, второй геологической предпосылкой является наличие в районе древней коры выветривания.

Косвенными поисковыми признаками никелевых месторождений являются: наличие охр и нонtronитов на ультраосновных породах; интенсивная каолинизация различных полевошпатовых и глиноземистых пород; наличие более глубоких горизонтов коры выветривания, подвергшихся окремнению и благодаря этому лучше сохраняющихся при размыве (окремненные серпентиниты с характерным ячеистым строением, пеликанитовые граниты и порфиры и т. д.); наличие продуктов перемыва и переотложения древней коры выветривания — каолинов, кварцево-каолинового хряща, маршаллитов и т. д.

Морфологически следует различать площадную и линейную кору выветривания<sup>2</sup>, условия нахождения и сохранения которых различны. Первая приурочена к древним поверхностям выравнивания и располагается более или менее безразлично на породах разного состава. Вторая приурочена к простиранию определенных пород, к тектоническим зонам, контактам и т. п. В случае связи с зонами раздробления и трещиноватости ее называют трещинной корой. Линейная кора выветривания часто залегает в вытянутых корытообразных углублениях коренных пород, глубиной до 100 м, и поэтому лучше сохраняется при размыве.

Условия распространения площадной коры выветривания определяются прежде всего геоморфологическими факторами. Так как она приурочена к древним поверхностям выравнивания, абсолютные отметки ее залегания колеблются в незначительных пределах, изменяясь постепенно от одного участка к другому. Так, на восточном склоне Урала уровень залегания древней коры выветривания постепенно понижается с запада на восток и в меридиональном направлении дает несколько пологих понижений и повышений. Древняя кора выветривания и древние поверхности выравнивания (дочетвертичного возраста), как правило, лежат выше базиса современной и четвертичной эрозии, поэтому горные районы с молодым рельефом и глубокой эрозией мало благоприятны для поисков месторождений выветривания. В Казахстане и на Южном Урале столь же неблагоприятны площади развития типичного мелкосопочника, склоны современных долин и плато, четвертичные террасы, а также районы четвертичного оледенения.

В условиях морских трансгрессий, даже сравнительно спокойных, как это наблюдалось для меловых и третичных морей Урала, верхние рыхлые никеленосные горизонты коры выветривания на плато нередко оказываются размываемыми и сохраняются лишь нижние горизонты, подвергшиеся окремнению, и погруженные участки. Но в общем под отложениями недавних морских трансгрессий древняя кора выветривания лучше сохраняется, чем в условиях континентального режима, и поэтому ее участки по краям морских меловых и третичных отложений особенно многочисленны.

Площади древней коры выветривания, как правило, плохо обнажены, поэтому при поисках нужно обращать внимание на окраску почвы и на выбросы из нор роющих животных.

Условия сохранения линейной коры выветривания более благоприятны, но обнаружить ее в общем труднее. Она сохраняется и в тех рай-

<sup>1</sup> А именно, большим содержанием в ней углекислоты.

<sup>2</sup> Здесь, как и ниже, подразумевается древняя кора выветривания.

онах, где площадная кора полностью смыта. При сопоставлении данных о распространении месторождений линейной коры выветривания на Среднем Урале выясняется, что такие месторождения находятся в определенном интервале высотных отметок, отсутствуя на самых высоких и самых низких уровнях и сохраняясь, очевидно, в пределах развития определенной, расчлененной последующими процессами ступени рельефа. Как правило, месторождения линейной коры выветривания вытянуты по простиранию пород или тектонических зон и контактов, а на известняках представлены в виде карстовых впадин, заполненных продуктами выветривания серпентинитов и прикрытых делювиальными отложениями. Иногда над рудными горизонтами залегают древнеозерные отложения, в частности с углистыми глинами. Эти площади, как правило, лишены выходов коренных пород. Для поисков большое значение нередко имеет структурный контроль — линейное расположение этих впадин, связанных с тектоническими зонами, выходами определенных пород, в частности известняков, на контакте с гипербазитами. Глубина впадин и мощность делювиального покрова значительны, и в результате поисков обычно удается наметить лишь участки и направления для предварительной разведки горными работами, бурением и геофизическими методами. Сами поиски должны проводиться в более детальном масштабе, чем для районов с площадной корой выветривания.

При оконтуривании впадин с линейной корой выветривания, кроме шурфовки и ручного бурения, с успехом применялись геофизические методы — электроразведка, электропрофилеирование и микромагнитная съемка. Эти методы применялись: а) для прослеживания контактов серпентинитов под наносами; б) для обнаруживания впадин на серпентинитах и других породах, заполненных продуктами выветривания и рыхлыми отложениями; в) для обнаруживания на известняках бурых железняков и ожелезненных продуктов выветривания.

В старых рудных районах, как Средний Урал, важным признаком для поисков никеленосной коры выветривания являются уже известные и разрабатывавшиеся месторождения бурых железняков, залегающих в тех же впадинах и на их склонах. Эти бурые железняки нередко представляют собой преобразованную позднейшими процессами древнюю кору выветривания, в частности нонтронитовую. Бурые железняки, залегающие на гипербазитах или вблизи них, следует, как правило, анализировать на никель, кобальт и хром.

Содержание никеля в силикатных рудах, особенно многих крупных месторождений площадной коры выветривания, близко к промышленному. Поэтому выявление обогащенных участков имеет большое значение. В вертикальном профиле коры выветривания никель концентрируется в нижней части нонтронитовой зоны и в верхней части зоны выщелоченных серпентинитов. Для некоторых месторождений площадной коры выветривания наиболее богатыми оказываются участки с мульдообразным залеганием коры выветривания, а особенно убогими — участки с совершенно горизонтальным залеганием, где она имеет обычно меньшую мощность. Давно отмечено накопление богатых руд никеля на контактах известняков с серпентинитами.

Осадочные сульфидные месторождения никеля. Никель в большой степени захватывается коллоидами коры выветривания, и концентрации его в осадочных породах редки. Содержание никеля, например, в мансфельдских медистых сланцах и в пермских медистых песчаниках Приуралья намного ниже промышленного. Но в некоторых случаях вблизи источников никеля (ультраосновных пород с сохранившейся на них корой выветривания) никеленосность осадочных пород достигает промышленного значения. Подобные месторождения залегают в древних озерных или озерно-болотных котловинах вблизи ультраосновных пород, на известняках в карстовых впадинах. Рудоносность связана

с углистыми глинами, содержащими сульфиды железа и никеля. Никель преимущественно осаждается, если углистое вещество тонко распылено в глине. Отложение никеля в углистых сульфидоносных глинах, вероятно, происходит в результате циркуляции подземных вод по сульфидоносным глинам, подобно тому как это происходит в медистых песчаниках. Подобные месторождения не являются результатом чистого осадочного процесса, правильнее было бы относить их к инфильтрационным. Эти месторождения мало устойчивы, и для их сохранения нужны особые условия.

Сульфиды никеля чрезвычайно легко окисляются, никель переходит в раствор и выщелачивается. Поэтому сульфидные руды нельзя хранить на открытом воздухе. Последнее обстоятельство представляет собой даже одну из важных помех при опробовании и эксплуатации месторождений. Для сохранения сульфидных руд важно захоронение их ниже уровня грунтовых вод под водонепроницаемой кровлей.

Таким образом, образование осадочных сульфидных месторождений возможно при наличии:

1) ультраосновных пород, непосредственно контактирующих с содержащей органическое вещество песчано-глинистой толщей или находящихся вблизи этой толщи;

2) стоячих водных бассейнов (озер или болот) с накоплением органического вещества и сероводородным брожением (залегание известняков в ложе этих бассейнов благоприятно, но не обязательно);

3) захоронение сульфидоносной толщи ниже уровня грунтовых вод. Как правило, эти месторождения приходится вскрывать горными или буровыми работами для обнаружения самого факта наличия оруденения. Среди геоморфологических признаков имеет значение наличие следов карстовой просадки.

## 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОЛИБДЕНА

Для практических целей можно выделить следующие типы молибденовых месторождений:

1. Пегматитовые.
2. Контактного-метасоматические.
3. Жильные гидротермальные (кварцевые жилы нескольких рудных формаций).
4. Месторождения рассеянных сульфидных руд в гидротермально измененных, обычно окварцованных породах, в том числе и месторождения порфирировых молибденово-медных руд.
5. Супергенные месторождения вольфенита (в зонах окисления свинцово-цинковых месторождений).

Месторождения типов 1 и 5 обычно незначительны по размерам, хотя некоторые из них и разрабатывались. Крупные промышленные месторождения относятся к типам 2 и 4. Около 90% мировой добычи молибдена приходится на долю месторождений типа 4 в Северной Америке (Клаймакс и др.). В СССР представлены все пять типов, но промышленное значение имеют только месторождения типов 2, 3 и 4.

Поскольку молибденовые месторождения всех типов (за исключением вольфенитового) генетически связаны с гранитоидными интрузиями, присутствие таких интрузий является одной из общих геологических предпосылок возможного нахождения молибденовых руд. И действительно, насколько известно, молибденовые руды никогда не залегают вдали от интрузий, а всегда в непосредственной близости от них или даже в них самих. В этом отношении молибден подобен олову, вольфраму, висмуту и отличается от железа, меди, цинка, свинца и многих других металлов, месторождения которых могут встречаться и в большом удалении от интрузий, даже в случае генетической связи с последними.

Как известно, для оруденения вообще наиболее благоприятны интрузии, не особенно глубоко вскрытые эрозией, небольшие по площади и содержащие иногда останцы пород кровли. В частности, это относится и к месторождениям молибденовых руд. Вероятность нахождения молибденовых месторождений повышается, если установлена связь с этими интрузиями какого-нибудь металлического оруденения и особенно при наличии в районе уже известных рудопоявлений и месторождений молибдена.

Поскольку расположение интрузий определяется структурами (антиклиналями или крупными линиями тектонических нарушений), эти структурные элементы могут служить указателями на наличие интрузий (часто и небольших), а следовательно, и связанного с ними оруденения.

Что касается геологического возраста и петрографического состава интрузий, с которыми могут быть связаны молибденовые месторождения, эти признаки имеют уже более частное значение, правда в пределах крупных районов.

Все эти общие геологические предпосылки должны быть отображены на геологических картах.

К общим для всех типов месторождений (кроме вульфенитовых) поисковым признакам относится и нахождение молибденита в шлихах. Так как молибденит, при малой твердости, легко истирается и не уносится текучими водами далеко от коренных месторождений, то присутствие молибденита в шлихах указывает на вероятную близость коренного месторождения.

Составление шлиховой карты и выделение ореолов рассеяния молибдена необходимы при геологических съемках любых масштабов. Приведем некоторые специальные поисковые признаки для отдельных типов месторождений.

**Пегматитовые месторождения:**

1. Приуроченность месторождений к краевым частям гранитоидных интрузий или к приконтактовым внешним зонам.

2. Совместное нахождение в шлихах молибденита с касситеритом, вольфрамитом, шеелитом, бериллом, турмалином, флюоритом и другими минералами, характерными для пегматитов.

3. Развитие пегматитовых жил, линз, неправильных тел (часто рассеянных жилками и линзами кварца), в которых кроме минералов, указанных в п. 2, присутствуют пирротин, арсенопирит, висмутовый блеск и другие рудные или даже нерудные минералы.

**Контактово-метасоматические месторождения:**

1. Наличие в районе известняков (и вообще карбонатных пород), прорванных гранитоидными интрузиями.

2. Развитие скарновых пород, роговиков и мраморизованных известняков.

3. Наличие среди интрузивных пород останцов измененных пород кровли интрузии.

4. Присутствие в составе скарновых пород шеелита, вольфрамита, магнетита, гематита, пирротина, халькопирита и других минералов, типичных для кварцевых жил и прожилков.

**Жильные гидротермальные месторождения:**

1. Как и для всех кварцево-рудных жил, нахождение в руслах и аллювии рек, ручьев, по склонам гор в делювии и элювии кусков кварца (пустого и рудного).

2. Зоны осветленных, окварцованных, серицитизированных, каолинизированных, пиритизированных пород.

3. Наличие в районе систем тектонических трещин, зон разлома или смятия пород с приуроченными к ним явлениями гидротермального изменения (окварцевания, серицитизации и т. д.) и с кварцевыми жилами, как рудными, так и безрудными.

4. Для некоторых районов — тесная связь с жилами, содержащими вольфрамит, шеелит, молибденит.

Месторождения рассеянных сульфидных руд в гидротермально измененных породах. В СССР почти все известные молибденовые месторождения этого типа представляют собой крупные месторождения порфирировых медных руд, и поэтому поисковые признаки для них те же, что и для месторождений меди (см. выше).

Для сравнительно редких месторождений с рассеянным молибденитовым оруденением, не содержащих меди, поисковые признаки, кроме наличия вмещающих оруденение кислых интрузивных пород, будут те же, что и для жильных месторождений или для месторождений порфирировых медных руд, за исключением признаков, связанных с присутствием меди. Сказанное относится к районам, где возможно встретить месторождения типа Клаймакс, т. е. с существенным содержанием только молибденита и пирита в окварцованных интрузивных породах.

Супергенные месторождения вульфенита (вообще редкие, а в СССР почти неизвестные). Поисковые признаки для них те же, что и для свинцовых месторождений, с зонами окисления которых они связаны. К указанным признакам надо добавить присутствие вульфенита — желтовато-коричневого или красноватого минерала со смолистым блеском, состава  $PbMoO_4$ , тетрагонально-пирамидального или таблитчатого. Обычные спутники вульфенита: сохранившийся галенит, продукты его окисления (церуссит, англезит, свинцовые охры) и окисные ванадиевые соединения.

## 6. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОЛЬФРАМА

Для практических целей можно выделить следующие типы вольфрамовых месторождений:

1. Пегматитовые.
2. Контактово-метасоматические.
3. Кварцевые гидротермальные.
4. Россыпные.

**Пегматитовые месторождения.** Месторождения вольфрама этого типа редко имеют самостоятельное значение и обычно незначительны по масштабам. Несколько чаще вольфрамит встречается в пегматитах совместно с касситеритом, откуда и добывается попутно.

**Контактово-метасоматические месторождения.** Месторождения вольфрама этого типа имеют важное промышленное значение. Нередко эти месторождения бывают комплексными и, кроме вольфрама, содержат молибден, реже медь, железо, олово. Среднее содержание вольфрама в большинстве известных скарновых месторождений невысокое (от 0,3—0,5 до 1,5—4%). К недостаткам руд контактово-метасоматических месторождений относится сложность их обогащения. Но мощность залежей и значительные масштабы оруденения позволяют механизировать добычные работы, что благоприятствует эксплуатации этих месторождений.

Вольфрамовые месторождения скарнового типа, как правило, располагаются в экзоконтактовых зонах, богатых известняками. Интрузии в подавляющем большинстве случаев представлены породами средней кислотности, а именно гранодиоритами, граносиенитами, в эндоконтактах переходящими в кварцевые диориты и диориты. С нормальными гранитами скарновые месторождения вольфрама связаны бывают редко.

Рудные тела, располагаясь в экзоконтактах, при приближении к интрузивным породам обычно выклиниваются. Среди интрузивных пород, в сколько-нибудь значительном расстоянии от контактов, шеелитоносные скарны встречаются весьма редко. Исключения бывают обусловлены на-

личием ксенолитов вмещающих пород в магме, подвергшихся затем оруденению.

По составу и форме рудных тел скарновые месторождения довольно разнообразны. В некоторых случаях наблюдаются гранато-пироксеновые, гранато-эпидотовые, везувиановые и другие скарны с вкрапленностью и жилками сульфидов железа, меди, молибдена, свинца, сурьмы и других металлов. Среди нерудных минералов, кроме скарновых, встречаются кварц и кальцит, основным же рудным минералом в подавляющем большинстве случаев является шеелит, очень редко вольфрамит. Форма рудных тел неправильно-пластообразная, трубо-, линзо-, штокообразная и гнездовая.

В комплексных месторождениях наибольшие скопления халькопирита, шеелита и молибденита в рудных телах пространственно часто не совпадают, что сильно осложняет добычу и разведку месторождений.

Неравномерная интенсивность оруденения в скарновых телах в значительной степени объясняется тем, что рудоотложение происходит, как правило, гораздо позже скарнообразования, т. е. первый процесс накладывается на второй.

Гидротермальные месторождения. Они могут быть подразделены на кварцево-вольфрамитовые и кварцево-шеелитовые жилы.

Высокотемпературные месторождения типа кварцево-вольфрамитовых жил имеют весьма широкое распространение и представляют большой промышленный интерес. Форма рудных тел — жилы, трубы, штокверки. При этом нередко возникают самостоятельные рудные тела или даже отдельные месторождения грейзенов.

Как правило, рудные жилы, содержащие касситерит и вольфрамит, всегда сопровождаются грейзенизированными породами и слюдяными оторочками в зальбандах.

Месторождения собственно вольфрамита (без касситерита) мало чем отличаются от касситерито-вольфрамитовых месторождений. В большинстве случаев в первых менее интенсивны явления пневматолита и грейзенизации.

Минералогия кварцево-вольфрамитовых месторождений довольно проста и однообразна. Преобладает всегда кварц (не менее 80%), затем идет слюда, в незначительных количествах присутствуют арсенопирит, пирит, халькопирит, сфалерит, берилл. В месторождениях, приближающихся к среднетемпературным, в заметном количестве появляется галенит. Некоторые месторождения бывают богаты турмалином, флогопитом или топазом. Часто в месторождениях вольфрамита присутствуют в промышленных количествах касситерит, молибденит, висмутовые минералы, иногда тантало-ниобаты. Молибденит в большинстве месторождений вольфрамита является как бы антагонистом касситерита.

Высокотемпературные кварцево-вольфрамитовые месторождения, как правило, располагаются в эндо- и экзоконтактах гранитных массивов. В значительном удалении от гранитов они не встречаются.

Содержание  $WO_3$  в месторождениях кварцево-вольфрамитового типа колеблется в пределах 0,2—2%. Распределение вольфрама в жилах гнездовое или равномерное. В большинстве случаев эти руды сравнительно легко поддаются обогащению.

Кварцево-шеелитовый тип в добыче вольфрама играет меньшую роль, чем кварцево-вольфрамитовый, и представлен месторождениями касситерито-шеелито-кварцевыми, шеелито-кварцевыми и золото-шеелито-кварцевыми. Последние обычно носят среднетемпературный характер и иногда сопровождаются теллурсодержащими минералами. Распределение шеелита в жилах гнездовое и равномерное. Содержание  $WO_3$  колеблется в пределах 0,2—2%.

Россыпные месторождения. Россыпи имеют важное значение в добыче вольфрама. Вследствие возможности производить добычу

концентрата без больших капиталовложений, россыпи вольфрама обычно легко и охотно осваиваются промышленностью.

Благодаря малой устойчивости вольфрамита и шеелита аллювиальные россыпи этих минералов далеко от коренных месторождений не возникают. При этом вольфрамит быстрее растворяется, истирается и расщивается, чем шеелит.

Минимальное промышленное содержание вольфрамовых минералов в россыпях колеблется в зависимости от экономики района. Россыпи считаются уже промышленными при содержании 0,3—0,4 кг концентрата на 1 м<sup>3</sup> песков.

Исходя из вышеизложенного, в основу поисковых работ на вольфрам должны быть положены прежде всего общие сведения о геологии и металлогении района, а именно характер и тип известных рудопроявлений, расположение интрузивных пород, их петрографический состав и структурные особенности интрузивных тел.

При поисковых работах на вольфрам особенно тщательным исследованиям следует подвергать зоны экзо- и эндоконтактов вольфрамоносных интрузивных массивов, где бывает сосредоточена подавляющая часть высокотемпературных и скарновых месторождений. Особенно тщательному исследованию должны быть подвергнуты выходы на поверхность небольших гранитных куполов с окаймляющими их зонами роговиков, а также «острова» контактовых роговиков над не вскрытыми еще куполами гранитов.

Территории с мощным и широким развитием песчано-сланцевого комплекса, прорванного биотитовыми гранитоидами, благоприятны для поисков оловянно-вольфрамовых месторождений. Точно так же широкое развитие известковистых пород и известняков, прорванных интрузивными породами, и скарнов с везувианом, геденбергитом и флюоритом благоприятно для нахождения вольфрамовых месторождений скарнового типа.

Весьма плодотворны детальные поиски вокруг вновь открытых вольфрамовых месторождений, с еще мало изученными окрестностями. Выявляемые при этом новые месторождения нередко образуют целые рудные поля. Часто контуры этих полей бывают вытянуты перпендикулярно общему направлению складчатости. В направлении же складчатости иногда выявляется прерывистый ряд рудных полей, образующих рудные зоны.

Благоприятными для поисков вольфрамовых месторождений являются следующие минералогические признаки:

1. Широкое развитие мусковита в гранитах, превращение последних в двуслюдяные и мусковитовые грейзенизированные граниты и в грейзены.
2. Развитие в породах и жилах турмалина, топаза, флюорита, берилла, везувиана.
3. Нахождение арсенопирита, молибденита и висмутовых минералов.
4. Развитие вольфрамовых, молибденовых, висмутовых и мышьяковых охр.
5. Развитие скарновых пород, особенно с минералами, включающими элементы из группы галоидов.
6. Развитие кварцевых жил с мусковитовыми и грейзенизированными породами в зальбандах.

Большое внимание должно быть уделено и данным шлихового опробования. Развитие в шлихах минералов, тесно ассоциирующих с вольфрамитом и шеелитом, несомненно должно заострять внимание геолога-поисковика на данном районе. Но присутствие в шлихах шеелита и вольфрамита следует оценивать по-разному.

Шеелит часто образует в породах и жилах крайне рассеянную вкрапленность. Отличаясь более высокой устойчивостью в зоне выветривания,

чем вольфрамит, шеелит в аллювиальных отложениях может перемещаться на значительные расстояния. Поэтому нахождение в шлихах единичных зерен шеелита говорит только о некоторой зараженности района вольфрамом. При этом могут отсутствовать даже мелкие промышленные месторождения. Несомненный интерес в смысле нахождения коренных и россыпных месторождений шеелита представляют шлихи с заметно повышенным содержанием шеелита.

Иначе обстоит дело с вольфрамитом, который менее склонен к образованию в породах резко рассеянной вкрапленности. В аллювии вольфрамит на значительные расстояния обычно не переносится, так как быстро окисляется и истирается. Поэтому присутствие вольфрамита в шлихах говорит о наличии вблизи коренного месторождения и о возможности отыскания промышленно интересных россыпей.

При поисках шеелитовых месторождений следует учитывать сравнительно трудную диагностику шеелита при микроскопическом осмотре штучков. Даже опытный глаз минералога может нередко пропустить шеелит. Поэтому для проверки минералов, похожих на шеелит, крайне желательны исследование люминесценции, а также соответствующие химические реакции.

Для геолого-поисковых работ наиболее важно отражать на картах следующие элементы:

1. Линии и плоскости контактов интрузивных тел с вмещающими толщами. Особенно тщательно следует картировать искривления линий контактов с показом «мысов» и «заливов» и выделять крупные ксенолиты.

2. Контуры экзоконтактовых ореолов метаморфизма. Необходимо оконтуривать «островки» контактовых роговиков над нескрытыми массивами и выделять в эндоконтактах гибридные породы.

3. Проявления минерализации, парагенетически родственной вольфрамовым месторождениям, как-то: мусковитизация, турмалинизация, флюоритизация, скарнирование и т. д.

4. Данные шлиховой съемки, благоприятные для возможного нахождения вольфрамовых месторождений, а также все данные о нахождении свалов руды с редкометальным оруденением.

5. Все точки вольфрамового, а также оловянного, молибденового и мышьякового оруденения.

## 7. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА

Золото в природе встречается как в месторождениях чисто золоторудных, так и в комбинации с другими, родственными ему в геологическом отношении металлами. Устойчивость свободного золота в природных условиях является причиной не только существования наиболее ценной группы чисто золоторудных месторождений, но и исключительного значения вторичных месторождений золота — россыпных. По такой же причине и основным поисковым признаком для большинства золотых месторождений является наличие частичек самородного золота в рыхлых продуктах разрушения коренных источников.

Важнейшие типы месторождений золота:

1. Контактново-метасоматические.

2. Разнообразные гидротермальные жильные (высоко-, средне- и низкотемпературные).

3. Золото-сульфидные гидротермальные.

4. Россыпные.

Контактно-метасоматические месторождения. В СССР известно два таких месторождения. Оба представляют собой метасоматические залежи в контактах известняков и гранитоидов. Золото в значительной степени связано в них с сульфидами, частички его очень

мелкие, и поэтому оно трудно поддается определению в аллювии. Основными поисковыми признаками являются закономерность пространственного распределения интрузий и наличие контактов с известковистыми породами.

Высокотемпературные гидротермальные жильные месторождения. К этому типу относится Кочкарское месторождение на Южном Урале, представляющее собой густую сеть золото-арсенопиритовых жил среди измененных гидротермальными процессами гранитов («табашек»). Из рудных минералов наибольшее распространение имеют пирит, арсенопирит, пирротин, из жильных — кварц, меньше актинолит, хлорит, турмалин, биотит. К этой же группе относятся кварцево-турмалиновые золоторудные жилы Восточного Забайкалья. Специфическим поисковым признаком для этого типа является изменение боковых пород, например образование «табашек» для Кочкаря, осветленных или турмалинизированных пород для забайкальских месторождений.

Среднетемпературные гидротермальные жильные месторождения. Это наиболее распространенный тип золоторудных месторождений. Как по минералогическому составу, так и по форме и размерам они отличаются значительным разнообразием.

В кварцевых жилах рудные минералы обычно представлены пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, стибнитом, буланжеритом (и прочими сульфантимонидами и сульфарсенидами меди и свинца), блеклыми рудами, иногда в более высокотемпературных жилах шеелитом и пирротином. Из жильных минералов преобладает кварц, обычны карбонаты, полевые шпаты, иногда встречаются барит и, наконец, турмалин. Золото присутствует преимущественно в свободном виде, частично растворено в сульфидах.

Количество сульфидов не превышает нескольких процентов, очень редко достигает нескольких десятков процентов. В большинстве случаев разнообразие сульфидов невелико (ограничивается 2—5 видами). Иногда содержание медистых сульфидов настолько велико, что месторождение может быть названо медно-золотым.

Вследствие малого количества сульфидов распределение золота в рудном теле лишь в незначительной степени зависит или вовсе не зависит от вторичных процессов.

Процессы оруденения захватывают и вмещающие породы, которые часто промышленно золотоносны и используются вместе с основной рудой.

Форма рудных тел часто обусловлена дорудной тектоникой и очень сложна.

Рудные жилы располагаются преимущественно в эндо- и экзоконтактовых зонах интрузивов, но иногда удалены от последних на многие километры. Часто установить связь с каким-либо интрузивом представляет значительные затруднения.

Для некоторых месторождений этого типа очень характерна приуроченность к гидротермальным измененным породам, например к березитовым полосам на Березовском месторождении. Иногда сульфиды выносятся на заметное расстояние от рудного тела, где окисление их приводит к образованию обохренных зон, которые могут помочь при поисках рудных тел и должны отмечаться на картах. Но основными поисковыми признаками являются распространение свободного золота в делювиальном шлейфе, наличие ноздреватого или обохренного кварца и содержание в нем золота по данным протоколов.

Низкотемпературные гидротермальные месторождения. Распространены главным образом в Тихоокеанском рудном поясе. Размеры их здесь огромны.

Зарубежные месторождения характеризуются: 1) связью с меловыми и третичными эффузивными и гипабиссальными породами состава от

липаритов до андезитов; 2) чрезвычайно широким, чуть ли не региональным развитием каолинизации, алунитизации и пропилитизации вмещающих пород; 3) приуроченностью к трубчатым, жерловым формам интрузивных пород; 4) разнообразной сульфидной минерализацией и часто присутствием теллуридов золота, с которыми в некоторых месторождениях (Крипль-Крик) связано почти все золото. Месторождения этого типа не дают промышленных золотоносных россыпей: обычно даже в элювии их не обнаруживается свободного золота. К числу основных поисковых признаков для низкотемпературных месторождений надо отнести выявление зон каолинизации, пропилитизации и пр.

Золото-сульфидные гидротермальные месторождения. Обычно представляют ценность в качестве медных или полиметаллических месторождений. Золото из них извлекается попутно. Рассмотрим только те случаи, когда эти месторождения являются самостоятельными.

Возможны два таких случая: 1) когда первичное содержание цветных металлов ничтожно мало; 2) когда из окисленных зон вынесены цветные металлы.

К первой группе месторождений можно отнести сульфидные линзы некоторых месторождений Центрального Казахстана, ко второй — ряд месторождений Башкирии.

На месторождениях Центрального Казахстана имеется ряд сульфидных линз, которые приурочены к зонам разлома и смятия силурийской эффузивной толщи, прорванной диабазами. Некоторые линзы состоят почти целиком из пирита, с баритом по периферийной части линз и изменением боковых пород типа вторичных кварцитов. Другие линзы представляют собой барито-полиметаллические залежи, состоящие из барита, галенита, сфалерита, халькопирита, пирита и блеклых руд и сопровождающиеся серицитизацией, осветлением, иногда баритизацией вмещающих пород. Промышленную ценность представляют в основном окисленные зоны.

В месторождениях Башкирии на меденосных барито-пиритовых линзах поверхностные зоны сильно окислены и выщелочены, благодаря чему они почти совершенно не содержат меди. Зона окисления делится на два горизонта: верхний, представляющий собой типичную железную шляпу, сравнительно бедную золотом, и нижний горизонт баритовых руд, обогащенный золотом. Иногда на границе с первичными рудами в нижнем горизонте появляется слой баритовой сыпучки, исключительно обогащенной золотом. Последняя представляет большой интерес еще и потому, что такие руды могут без дробления поступать прямо на цианирование. Это очень ускоряет и удешевляет извлечение.

Подобные баритовые руды и баритовые сыпучки известны в окисленных зонах не только медных, но и полиметаллических месторождений (Салаир). Часто месторождения этого типа приурочены к определенной стратиграфической свите, что может являться поисковым признаком (зеленокаменная полоса Урала). Кроме того, для них характерны баритизация, силицификация, сульфидизация вмещающих пород, образование вторичных кварцитов, выходы железных шляп или сыпучки бурых железняков, что также может служить поисковыми признаками. Отсутствие в аллювии и элювии свободного золота не исключает возможности нахождения месторождений этого типа.

Из общих закономерностей распределения золоторудных месторождений (первых трех типов) поисковое значение могут иметь следующие:

1. Золотоносность часто хорошо увязывается с определенными фазами интрузивной деятельности.

2. Золоторудные месторождения генетически связываются в гранитоидными интрузиями. При этом золотое оруденение оказывается приуро-

ченным к наиболее кислым разностям пород, если это крупные батолиты, и к породам более основного состава (диориты и диабазы), если это мелкие интрузивные тела и дайки.

3. Золоторудные месторождения никогда не располагаются в центральных частях крупных батолитов, редко в эндоконтактной зоне, обычно же в экзоконтакте, иногда удаляясь от видимых выходов гранитов на 10—20 км.

4. С мелкими интрузиями золоторудные жилы связываются не только генетически, но и пространственно, часто располагаясь внутри самих интрузий.

5. Контактново-метасоматические месторождения образуются обычно в известковых породах, легко поддающихся метасоматозу.

6. Часто встречаются и отчетливо выраженные геометрические формы локализации золотых месторождений: линейная, обычно обусловленная существованием крупных выдержанных линий разломов, и центральная, когда отдельные месторождения группируются вокруг определенных центров, что не мешает совокупности этих групп располагаться вдоль крупных структурных элементов (например, вдоль края щита, как это наблюдается в Алданском районе).

Все эти соображения должны быть отражены на геологических картах. Однако наиболее конкретным и точным поисковым признаком для всех типов золоторудных месторождений является распространность свободного золота в рыхлых отложениях. Поэтому даже для районов развития месторождений с дисперсным или химически связанным золотом шлиховой метод остается в силе, так как даже в таких месторождениях или в их окисленных зонах почти всегда встречается самородное золото.

Россыпные месторождения. Образовавшиеся в результате разрушения коренных месторождений россыпи имели и имеют большое промышленное значение. Однако далеко не все коренные источники дают промышленные россыпи. Во-первых, необходимо, чтобы золото в коренном источнике было в свободном состоянии и чтобы его зерна были достаточно крупными. Поэтому мы почти не знаем россыпей, связанных с золото-сульфидными или низкотемпературными гидротермальными месторождениями, где эти условия отсутствуют. Во-вторых, необходим ряд благоприятных геоморфологических факторов, чтобы россыпь образовалась и сохранилась до наших дней. Мы почти не знаем россыпей древнее третичных, если не считать знаменитых конгломератов Витватерсранда.

На месте разрушения коренного месторождения может образоваться элювиальная россыпь, очень богатая по содержанию золота, но всегда незначительная по запасам. Делювиальные россыпи, вследствие слабой сортировки материала, обычно убоги. Наибольшую ценность представляют аллювиальные россыпи.

Наиболее благоприятную обстановку для образования россыпи создают следующие условия:

1. Зерна золота в коренных источниках должны быть достаточно крупными, чтобы они могли легко поддаваться гравитационной дифференциации.

2. Запасы золота в коренном источнике должны быть значительными, но богатое содержание золота в первичных рудах не обязательно.

3. Разрушение коренного источника и перемещение продуктов разрушения до сферы влияния речных потоков должны происходить настолько медленно, чтобы к моменту поступления в аллювий золото полностью освободилось от механических примесей.

4. Водный поток должен находиться в стадии горизонтальной эрозии.

5. Золоторудные месторождения должны вытягиваться вдоль долины водного потока, и продукты их разрушения должны многократно обогащать аллювиальные образования.

6. Плотик россыпи должен быть сложен сланцеватыми или кливажированными породами, образующими ребровка или щетку.

7. Направление ребровка должно быть примерно перпендикулярным к направлению долины.

8. В аллювиальных отложениях должно иметься достаточно глинистого материала, чтобы закрепить концентрацию золота в нижних горизонтах отложений.

Промышленные россыпи в очень редких случаях протягиваются далее чем на 5 км, но при пополнении новыми порциями золота они иногда вытягиваются на многие десятки километров. Золотоносность же аллювия, выраженная знаками, иногда распространяется на многие сотни километров от коренного источника.

Для выяснения перспектив какого-либо района в отношении его россыпной золотоносности необходимо воссоздать историю развития его рельефа за все доступное для наблюдений время. Необходимо проследить историю развития гидрографической сети в связи с ее перестройкой под влиянием различных факторов.

## 8. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЛАТИНЫ

Геохимия платины гораздо сложнее и разнообразнее, чем считали ранее. Однако промышленно ценные месторождения платины и металлов платиновой группы ограничиваются следующими тремя типами:

1. Месторождения, связанные с сульфидными никелевыми и медно-никелевыми рудами в основных и ультраосновных породах (Сэдбери, Бушвельд и др.). В рудах этих месторождений преобладают палладий и платина, добываемые как побочные продукты при плавке медно-никелевых руд.

2. Месторождения самородной платины, связанные с ультраосновными породами, обычно с дунитами. Самородная платина концентрируется главным образом в сегрегациях хромита. Среди драгоценных металлов преобладает платина, на втором месте по значению стоит осмистый иридий.

3. Россыпные месторождения платины и других металлов этой группы, главным образом осмистого иридия. Источником россыпей являются коренные месторождения платиноидов в ультраосновных породах.

Месторождения, связанные с сульфидными никелевыми и медно-никелевыми рудами в основных породах. Этот тип месторождений привлек к себе внимание за последние 20—25 лет и в настоящее время является основным мировым источником платиноидов. Платина и палладий, который обычно содержится в несколько большем количестве, входят в качестве изоморфной примеси в сульфиды других металлов и образуют самостоятельные соединения с мышьяком и серой.

Геологическая характеристика этих месторождений и принципы их поисков изложены выше (при описании месторождений никеля). Ограничимся указанием, что пирротиновые и медно-пирротиновые руды в норитах, габбро, диабазе и гипербазитах всегда необходимо исследовать химическим путем на содержание в них металлов платиновой группы. То же следует сказать о некоторых других сульфидных месторождениях, содержащих никель и кобальт в пирротиновых и медно-пирротиновых рудах. Так, содержание платиноидов в медных месторождениях пышминского типа, богатых пирротином и содержащих никель и кобальт, также представляет промышленный интерес. В сульфидных месторождениях иных типов платины хотя и встречается, но много реже и обычно в незначительном количестве.

Месторождения самородной платины в ультраосновных породах. Промышленное значение имеют не столько коренные месторождения этого типа, сколько возникшие при их разрушении россыпи. Он по справедливости может быть назван уральским, так как наиболее развит на Урале, который в продолжение целого столетия сохранял значение главного поставщика платины на мировой рынок.

Следует прежде всего отметить, что, при значительном в общем распространении ультраосновных пород в складчатых зонах, известно лишь очень ограниченное число районов, где с гипербазитами связаны россыпи платины, имеющие действительно крупное промышленное значение. Шире распространены убогие россыпи осмистого иридия.

На Урале, в Британской Колумбии, на Аляске и в Абиссинии платиноносность приурочена по преимуществу к дунитам, подчиненным значительно более крупным интрузиям габбро. Для платиноносных интрузий Урала характерно их концентрическое строение с ядром из дунита, окруженным каймой пироксенита. Такое строение большинство исследователей объясняет дифференциацией основной магмы, происходившей в самом теле интрузии и обусловившей концентрацию платины в дуните. Такое же концентрическое строение имеют и ультраосновные интрузии Аляски, а также, по видимому, и Абиссинии. Таким образом, признак этот является довольно существенным.

В Экваториальной Колумбии, втором в мире по своему значению районе развития платиноносных россыпей, материнская интрузия имеет иной характер. Источником платины здесь также являются дуниты и пироксениты, но они встречаются в виде брекчиевидных включений, линзообразных залежей и небольших штоков в пикрите со стекловатым базисом и небольшим количеством полевого шпата по периферии интрузии. Прямых данных о платиноносности коренных пород для этих месторождений не имеется.

Другой характер имеют коренные месторождения платины в ультраосновных породах бушвельдского комплекса. Здесь месторождения заключены в небольших трубообразных телах нормального дунита, но главным образом в таких же трубах гортонолитового дунита, имеющих более крутое падение, чем слои норитового комплекса. Содержание платины в ряде трубообразных тел промышленное, и из них производилась добыча платины. Платина местами встречается также в хромитовом горизонте бушвельдского комплекса.

В коренных месторождениях, как известно, платина связана с небольшими гнездами хромита или с обогащенными хромитом участками, редко скопления ее заключены в нормальном дуните. Размер отдельных коренных месторождений обычно невелик, распределение их неправильное. Промышленная разработка коренных месторождений дунитового типа до сих пор производилась лишь в небольших масштабах.

Из сказанного вытекают следующие выводы:

1. Месторождения самородной платины связаны с ультраосновными породами, но лишь немногие из них содержат промышленные концентрации. Здесь, очевидно, играют роль неизвестные нам факторы, обуславливающие особенности геохимических провинций.

2. Среди гипербазитов дунит является породой, с которой по преимуществу связаны месторождения платины. Значительные промышленные месторождения в связи с перидотитами типа гарцбургитов, лерцолитов и другими встречаются редко и скорее как исключение.

3. Концентрическое строение дунитовых интрузий, подобное тому, какое наблюдается на Урале, следует считать благоприятным поисковым признаком. Однако, как видно из предыдущего, иногда платиноносными оказываются и массивы иного типа и с иным строением. Экваториальная Колумбия с ее своеобразными платиноносными интрузиями дает

пример, который следует учитывать при поисках в молодых орогенных поясах со слабо вскрытыми эрозией интрузиями.

4. Скопления хромита, с которыми обычно связана платина, следует при поисках опробовать протолочкой и плавкой, причем должны испытываться сегрегации хромита различных морфологических типов (сплошные, вкрапленные, брекчиевидные, мелкие и крупные) и из различных частей массива (из центра, периферии и т. п.). Даже в случаях заведомой платиноносности не все гнезда хромита и не на всей площади массива являются платиноносными. Как правило, крупные месторождения хромита массивного сложения являются более бедными по содержанию платины или даже пустыми.

5. Опробование россыпей на площади исследуемого массива, как правило, дает более достоверные результаты при испытании платиноносности интрузива, чем опробование коренной породы. Поэтому наряду с гнездами хромита следует подвергать опробованию делювий и аллювий рек и ручьев, стекающих с массивов ультраосновных пород.

Россыпные месторождения платины. В огромном большинстве случаев россыпи, возникшие при разрушении ультраосновных пород, очень убоги, так что металлы группы платины могут добываться из них лишь попутно с добычей золота, либо эти россыпи вовсе не содержат платиновых металлов.

Кроме Урала, значительные по размерам и запасам металла россыпи известны лишь в Экваториальной Колумбии. Остальные районы (Британская Колумбия, Абиссиния, Аляска и др.) уступают по своему значению первым двум.

Закономерности концентрации металла в россыпях для платины те же, что и для золота. Остановимся лишь на поисковых признаках, специфических для платины. Платину следует искать в отложениях водных потоков, размывающих ультраосновные породы и в первую очередь дунит. Сульфидные месторождения платины, как правило, россыпей не дают. Следует учитывать геологические признаки платиноносных интрузий, указанные выше. Неизменным спутником платины в шлихе является хромит. Исключения в этом отношении весьма редки. Источником платины могут быть конгломераты и древние галечники, содержащие гальку ультраосновных пород, сами по себе слишком убогие для разработки, но дающие промышленные месторождения при перемыве их современными водотоками (артинские конгломераты западного склона Урала).

Несколько слов следует сказать о поисках россыпей в таком старом промышленном районе, как Средний Урал. До последнего времени здесь обнаруживаются нетронутые россыпи в отложениях верхних террас, иногда уже потерявших связь с современными речными долинами. Поэтому является важным внимательный геоморфологический анализ, в частности анализ случаев «загадочного» появления богатых россыпей платины по речкам и притокам, не связанным с известными платиноносными центрами. В большинстве случаев эти загадки объясняются наличием древних россыпей, не обнаруженных ранее.

## 9. МЕСТОРОЖДЕНИЯ РТУТИ И СУРЬМЫ

Месторождения ртути и сурьмы образуются из гидротермальных растворов, обычно невысокой температуры (60—120°), на глубинах 0,2—3 км. Главными рудными минералами являются: для ртути — киноварь, для сурьмы — антимонит. Выпадение этих минералов из растворов определяется в первую очередь следующими физико-химическими факторами: фильтрационным эффектом, ведущим к повышению концентрации растворов, действием углекислоты и окислением растворов. Разбавление

и нейтрализация растворов подземными вадозными водами имеют, вероятно, меньшее значение.

Киноварь и антимонит отлагаются преимущественно в открытых пустотах, практически без явлений метасоматоза, хотя метасоматические процессы при выделении таких жильных минералов, как кварц, флюорит, барит, кальцит и другие карбонаты, которые обычно образуются на первых этапах гидротермального процесса, часто имеют существенное значение.

Указанными особенностями генезиса ртутных и сурьмяных месторождений определяются и геологические условия их размещения и залегания.

1. Образование ртутных и сурьмяных месторождений в самых верхних ярусах земной коры при невысоких температурах требует для подачи растворов к пункту рудоотложения наличия крупных разломов глубокого заложения. Контролирующая роль последних хорошо подчеркивается обычным расположением ртутных и сурьмяных месторождений в виде рудных зон, линейно вытянутых иногда на сотни километров.

По своей природе рудоконтролирующие разломы часто оказываются «краевыми», т. е. разделяющими области опусканий и поднятий. Следовательно, границы областей прогибов, в которых накапливались мощные осадки, и областей поднятий, подвергавшихся размыву и характеризующихся значительно меньшими мощностями отложений и неполнотой их разрезов, могут указывать на местоположение искомым разломов.

Глубинный же характер разломов, помимо их протяженности, в большинстве случаев доказывается тем, что вдоль них нередко наблюдаются дайки и штоки основных и ультраосновных пород, которые можно рассматривать как производные симатической оболочки.

2. Ограниченная роль метасоматоза заставляет придавать большое значение пористым породам для рудонакопления. Повышенная проницаемость пород, являющихся «коллекторами» ртутной и сурьмяной минерализации, может быть первичной (пористые песчаники, конгломераты, туфы) или чаще вторичной, возникающей в результате процессов тектонического дробления, изредка в результате растворения (карстовые и другие процессы).

3. Важным условием образования промышленных концентраций киновари и антимонита является относительная замкнутость систем циркуляции гидротермальных рудных растворов. Эта замкнутость достигается в случае образования пластообразных залежей перекрытием (экранированием) первично-пористых горизонтов более плотными породами или залеганием более хрупких пород, реагирующих на изгиб дроблением и расслоением, под более пластичными, сохраняющими при тех же условиях свою сплошность. Если же месторождения приурочены к разрывам, то относительная замкнутость системы достигается выклиниванием трещин кверху. Этим объясняется приуроченность месторождений преимущественно к второстепенным разрывам, например трещинам, оперяющим главные рудоконтролирующие разломы. Такие, относительно небольшие разрывы, конечно, имели меньше шансов достигнуть поверхности.

Итак, учитывая, что для образования ртутных и сурьмяных месторождений требуется определенное сочетание пород (наличие пород, обладающих повышенной проницаемостью, перекрытых породами, мало проницаемыми для растворов, что в разрезах может проявляться многоярусно), при съемке необходимо выявлять все литологические соотношения пород, благоприятные в указанном смысле для образования месторождений.

4. В связи с высокой геохимической подвижностью сурьмы и особенно ртути, их месторождения чаще образуются в районах развития мощных и сложных по литологическому составу осадочных пород и значительно реже там, где осадочная оболочка относительно маломощна.

С другой стороны, более перспективными являются участки сложного тектонического строения, площади же с простой структурой менее интересны. Это объясняется тем, что для образования рудолокализирующих зон дробления наиболее благоприятны районы интенсивной складчатости с небольшими по размерам, тесно сжатыми отдельными складками. В последних зоны брекчирования часто возникают в сводовых частях антиклиналей и мульдах синклиналей.

Районы, для которых характерна совокупность указанных геологических условий, должны подвергаться тщательному изучению, особенно в том случае, если в них установлена ртутная и сурьмяная минерализация. С этой точки зрения важное значение имеет учет всех мельчайших проявлений ртути и сурьмы, таких, например, как единичные знаки в шлихах киновари и тем более антимонита и продуктов его окисления (антимонит очень мягок, быстро окисляясь, образует землистые соединения, легко измельчающиеся, и потому обычно не улавливается при шлиховом опробовании).

Не меньшее значение имеет обнаружение искоемых металлов в комплексных минералах — ртутной блеклой руде (шватците), различных сульфосолях или даже только в виде изоморфных примесей в таких минералах, как пирит, галенит и др. (для сурьмы) и сфалерит, реальгар, барит, флюорит и др. (для ртути).

5. Необходимо учитывать, что во многих рудных районах наблюдается генетическое родство ртутной и сурьмяной минерализации с другими типами гидротермальной рудоносности. Оно четко устанавливается: а) по парагенетическим соотношениям минералов в комплексных месторождениях, б) иногда по изменениям характера минерализации на глубину и на флангах месторождений, а также в) по явно закономерным соотношениям, наблюдаемым в размещении и ртутно-сурьмяных рудных появлений, и гидротермальных образований других металлов.

Следовательно, вопреки установившемуся мнению об особой специфичности ртутной и сурьмяной рудоносности, ее нужно считать возможной и вполне закономерной для всех известных гидротермальных рудных районов.

Поэтому выделение особых, «ведущих» ртутно-сурьмянорудных районов неправильно, так как это сужает поисковые возможности в тех областях, которые, часто безо всяких оснований, относят с этой точки зрения к «второстепенным», «бесперспективным».

В большинстве случаев отыскание выходов ртутных и сурьмяных руд облегчается тем, что они по своему внешнему виду отличаются от окружающих пород. Так, будучи иногда связанными с зонами интенсивного окварцевания пород (особенно известняков), они могут выделяться положительными формами микрорельефа и темным цветом пустынного загара, всегда покрывающего такие окварцованные породы. Присутствие в месторождениях минералов мышьяка (обычно реальгара в ртутных и арсенипирита в сурьмяных) может приводить к появлению зеленоватых «скородитовых» тонов. Окисление пирита и марказита, часто сопровождающих ртутные и сурьмяные руды, будет обуславливать бурые и красноватые окраски рудных выходов. Для сурьмяных руд характерны светлозеленоватый цвет потеков сурьмяных охр или белесоватая окраска безводных окислов сурьмы, образующих типичные псевдоморфозы по удлиненному, шестоватого габитуса кристаллам антимонита.

Обнаружению месторождений могут помочь и типичные изменения вмещающих и перекрывающих алюмосиликатных пород. Так, аркозовые песчаники, сланцы, эффузивы и их туфы в результате щелочного гидротермального процесса подвергаются интенсивному «выбеливанию» (каолинизации). Часто отмечается также интенсивная серицитизация и иногда, в случае основных пород (диабазов и пр.), хлоритизация. Гидротермальная переработка таких пород может быть настолько сильной,

что они становятся рыхлыми. В таких измененных породах киноварь иногда бывает настолько дисперсной, что не улавливается глазом даже при промышленных содержаниях.

Коренные выходы сурьмяных месторождений в древности не разрабатывались, ртутные же месторождения можно находить по древним выработкам и сопровождающим их отвалам мелкодробленными (2—3 см) огарков, обладающих после обжига рыжеватым цветом и переполненными осколками керамических реторт и конденсационных труб.

Некоторые ртутные рудные тела, залегающие в карбонатных породах и отличающиеся почти мономинеральным составом, могут не обладать какими-либо заметными внешними признаками. Поэтому они часто пропускаются даже при очень тщательных и внимательных поисках. В этом случае их можно найти только с помощью шлихового метода.

Ртутные месторождения, как правило, сопровождаются широкими ореолами первичного рассеяния киновари во вмещающих и особенно в перекрывающих породах, даже при относительно высокой плотности последних. Поэтому взятие проб таких пород и исследование их на содержание ртути специальным, очень чувствительным, нефелометрическим методом анализа А. А. Саукова или более простым способом отмывки из них (после дробления до 1 мм) шлиха имеют большое поисковое значение. Изучение первичных ореолов рассеяния киновари в надрудных толщах представляет особый интерес для прогноза глубинной ртутной рудоносности, не имеющей выходов на поверхность.

Значительно меньшей геохимической подвижностью сурьмы у пунктов рудоотложения, обязанная почти полному переходу ионных растворов ее сульфида в коллоидные, малоподвижные формы, является причиной того, что над ее месторождениями ореолов первичного рассеяния практически не образуется. Тем не менее, например, следы сурьмы в пиритах, образовавшихся в надрудных толщах в результате сульфидизации находившихся в них окислов железа, часто могут устанавливаться спектральным анализом на расстояниях до 100 м от кровли сурьмяных месторождений.

Особое внимание следует обращать на возможное присутствие сурьмы в некоторых золоторудных месторождениях. Известны случаи, когда золотые рудники после их длительного существования оказывались сурьмяными, причем содержащаяся в них сурьма по своей стоимости значительно превышает стоимость добытого золота (Трансвааль, Ю. Родезия, Куба, Аляска и др.).

Каких-либо практически существенных магматогенных поисковых критериев для ртутных и сурьмяных месторождений неизвестно.

## 10. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА

Железо в земной коре является одним из широко распространенных элементов, и его концентрации известны среди всех классов экзогенных, эндогенных и метаморфогенных месторождений. Из-за отсутствия общепринятой классификации промышленные железорудные месторождения СССР по их геологическому положению, условиям и способам рудообразования разделены нами на два класса: экзогенные и эндогенные. При этом метаморфогенные месторождения рассматриваются либо как экзогенные, либо как эндогенные в зависимости от первичного происхождения месторождений.

### Экзогенные месторождения

Осадочные месторождения. Наибольшие количества железа на территории СССР, а равно и на всем земном шаре, заключены в месторождениях морского осадочного происхождения, главным обра-

зом в интенсивно метаморфизованных железистых образованиях докембрия.

Следует отметить, что изучение стратиграфического размещения железорудных толщ позволяет приурочивать усиленное железнакопление по времени либо к началу крупных и длительных трансгрессий, либо, наоборот, к концу их, к регрессиям. Рудные пласты в каждой железорудной формации в свою очередь приурочены к частным колебаниям начала трансгрессии или реже регрессии, т. е. начала и конца цикла осадконакопления.

Наибольшее накопление железистых осадков свойственно областям геосинклиналей, где наблюдается и наибольшая мощность рудных пластов (большинство докембрийских месторождений железистых пород). В областях, переходных к платформам, рудообразование охватывает также значительные площади и рудные горизонты достигают значительной мощности, во всяком случае не ниже промышленного минимума.

Площади рудообразования на платформах нередко больше, чем в геосинклиналях, но мощность рудных отложений обычно невелика и непостоянна: часто она не достигает даже 1—1,5 м, т. е. того минимума, который требуется для промышленной разработки. Состав рудных горизонтов в платформенных областях также непостоянен. Нередко в пределах обширного бассейна через километры или сотни метров происходит полное выклинивание рудных горизонтов, а затем через такие же или большие расстояния рудный горизонт возобновляется и вновь достигает промышленной мощности. Последнее обстоятельство, в особенности при наличии послерудного размыва, крайне затрудняет прогнозы при поисках промышленных залежей и определении возможных минеральных ресурсов бассейнов и месторождений платформенного типа.

По содержанию железа железистые осадки докембрийского времени (метаморфизованные) и позднейших эпох (менее измененные) в большинстве случаев относятся к небогатым рудам.

Месторождения коры выветривания. По способу образования и условиям залегания месторождения этого типа весьма разнообразны. В целом месторождения коры выветривания и глубинной циркуляции вадозных вод мало используются промышленностью из-за незначительности их размеров или бедности руд и трудных условий разработки.

Общих литологических признаков для поисков осадочных железных руд указать, пожалуй, нельзя, но для каждого района такие признаки обычно могут и должны быть установлены при геологической съемке на основе изучения последовательности накопления осадков, заключающих железистые горизонты. В некоторых районах как благоприятная геологическая предпосылка используется наличие в районе основных изверженных пород, разрушение которых может дать железистый материал для образования аллювиальных россыпей или для железистых растворов, образующих химические (или биохимические) осадки. С массивами ультраосновных пород могут быть связаны осадочные месторождения легированных железистых руд (с никелем, кобальтом и хромом).

Существенное значение для поисков, особенно в областях платформенного типа и переходных от платформ к геосинклиналям, имеют палеогеографические данные о вероятном положении и перемещениях береговой линии моря, особенно в начале и конце цикла осадконакопления. Для платформенных областей существенно также представлять себе, хотя бы в общем виде, гипсометрию рельефа погребенной поверхности, на которой происходило отложение осадков рудного горизонта. Важное значение имеют признаки внутрiformационного размыва рудного гори-

зонта, а еще более — позднейших размывов. Поэтому особенно важно тщательно изучать в естественных и искусственных обнажениях взаимоотношение рудного пласта с непосредственно покрывающими его и выше залегающими породами, а также проследить изменения мощности руд.

Прямыми поисковыми признаками являются, как известно, обломки руды в речках и на склонах, высыпки и выбросы из нор и т. п.

Геофизические методы для непосредственных поисков осадочных месторождений могут применяться лишь в особых случаях, например при наличии в рудах некоторого количества магнетита. Они могут применяться в подходящих условиях также для выявления характера подземного рельефа подстилающих рудный горизонт образований, если последние резко отличаются по физическим свойствам от руды и покрывающих руду отложений.

Метаморфизованные докембрийские железистые породы обычно в той или иной степени магнитны, благодаря чему, погребенные под молодыми отложениями, они обнаруживаются и прослеживаются магнитными измерениями даже на значительных глубинах (до 200—300 м). Глубина залегания и общий характер рельефа погребенной поверхности докембрия в широком масштабе выявляются гравитационными, сейсмическими и электрическими методами. Комбинирование перечисленных геофизических методов даже с небольшим числом глубоких скважин позволяет, пользуясь аналогиями с изученными месторождениями, разобраться в весьма сложных структурах метаморфизованных образований докембрия, как это было в свое время сделано для Курской магнитной аномалии.

Для месторождений коры выветривания можно отметить в качестве поисковых признаков прежде всего наличие общей геологической обстановки, благоприятной для проявления коренных железорудных или сульфидных месторождений, которые могут дать материал для россыпей или образовать железные шляпы, или наличие пород (дунитов, перидотитов и базальтов), в коре выветривания которых чаще всего образуются остаточные железные руды. Благоприятным поисковым признаком является наличие в этих породах зон смятия, раздробления, сильной трещиноватости, так как выветривание наиболее интенсивно проходит в подобных зонах.

Важное значение имеют геоморфологические предпосылки. Делювиальные россыпи руды накапливаются у подножий современных возвышенностей, к которым приурочены коренные месторождения (например, горы Благодать, Высокая, Магнитная). Существуют также и погребенные делювиальные россыпи. Для элювиальных остаточных месторождений, образовавшихся в результате интенсивного химического выветривания, и железных шляп (а также окисленных мартитовых и полумартитовых зон контактово-метасоматических месторождений) на Урале благоприятны мезозойская и третичная поверхности выравнивания и эрозионно-абразионная равнина восточного склона с остатками древней коры.

Делювиально-карстовые месторождения чаще всего приурочены к наиболее нарушенным и раздробленным участкам известняков и к контактам известняков с другими породами. В частности, на Урале они обычно располагаются меридионально вытянутыми полосами, заключаемыми по несколько (или даже по несколько десятков) месторождений. Карстово-делювиальные месторождения бурых железняков с никелем, кобальтом и хромом залегают в контактах известняков с ультраосновными породами. Месторождения алапаевского типа приурочены к меридиональным полосам карбонатных пород, собранных в ряд мелких складок, разбитых рядом сбросов и перемежающихся с зеленокаменными породами.

Месторождения, связанные с глубинной циркуляцией вадозовых вод, приурочены обычно к структурным линиям и зонам интенсивной складчатости в сланцах, зонам разломов и тектоническим контактам разнородных пород, в которых направления и производятся поиски месторождений этого класса. Боковые породы рудных залежей подвергаются характерным изменениям. Обычно наблюдается разложение сланцев, сопровождаемое осветлением. Эти мягкие, почти бесструктурные массы светлых тонов часто называются «беликами».

При геологической съемке железорудных районов должны быть особо выделены и нанесены на карту осадочные свиты, заключающие известные и предполагаемые железорудные пласты, а также массивы пород, благоприятных для образования месторождений коры выветривания. Прослеженные или предполагаемые выходы железорудных пластов и залежей следует отмечать внемасштабным условным знаком.

Для платформенных областей должны быть выделены структурные элементы (поднятия, впадины, валы и др.), которые могут оказывать влияние на распространение, мощность и состав рудоносного горизонта. По возможности следует изображать, хотя бы в самом обобщенном виде, гипсометрию (посредством изогипс или высотных числовых отметок) поверхности, на которой происходило отложение осадков указанного горизонта. По линии прослеженных выходов и по отдельным скважинам должны быть проставлены цифры мощности рудного пласта.

Учитывая важность наличия или отсутствия размыва рудного пласта, следует особо указывать границы несогласий в отложениях, покрывающих рудоносную толщу.

### Эндогенные месторождения

Собственно магматические месторождения. Представлены главным образом участками и полосами вкрапленников, а также мелких, но богатых шпиров титаномагнетита в габбровых породах. Такие участки достигают иногда значительных размеров: сотни метров и километры по протяжению при мощности от нескольких единиц до десятков метров, иногда свыше сотни метров.

На Южном Урале имеется несколько своеобразных месторождений, представляющих собой крутопадающие жилообразные залежи почти сплошного ильменито-магнетита (трещинные жилы, образованные ильменито-магнетитовой, повидимому остаточной, магмой, выжатой из глубины). Эти жилы протягиваются на сотни метров и даже километры по простиранию, свыше сотни метров на глубину, при мощности 2—3 м и больше, и сопровождаются зонами вкрапленников. Они приурочены к очень мощным габбровым дайкам, согласно с которыми и падают.

Титаномагнетиты как собственно железная руда почти не употребляются и используются в металлургии лишь в меру потребности в ванадии.

Контактово-метасоматические месторождения. В СССР широко представлены контактово-метасоматические месторождения магнитного железняка, которые залегают в контактах осадочных или вулканогенно-осадочных толщ, заключающих известняки или известковистые породы, с апикальными частями гипабиссальных кислых (очень редко средних или основных) интрузий. Оруденение контролируется пластами и горизонтами благоприятных для замещения пород либо тектоническими зонами разлома, раздробления и трещиноватости.

При многочисленности контактово-метасоматических рудопоявлений и месторождений, лишь немногие из них достигают средних или крупных размеров, а такой гигант, как гора Магнитная, является, может быть, единственным в своем роде не только в СССР, но и на земном шаре.

Протяжение средних и крупных контактовых залежей измеряется сотнями метров, даже единицами километров, а мощность — несколькими единицами, десятками метров, иногда превышает сотню метров (гора Благодать).

Контактовое оруденение весьма разнообразно по компактности, от сплошного магнитного железняка до магнетитовых вкрапленников в гранатовых или иных скарнах. В залежах и рудных полях руда и рудные вкрапленники могут перемежаться с почти безрудными пластами и линзами различных роговиков или с безрудными дайками. Поэтому к месторождениям этого типа приходится применять грубо селективную разработку с посортной добычей. Магнитные железняки часто значительно загрязнены сульфидами, которые образуются преимущественно в последующую за основным рудообразованием гидротермальную стадию. При выветривании сульфиды разлагаются, сера выносятся, а магнетит превращается в полумартит и мартит. Эти руды зоны окисления обычно являются малосернистыми.

Пневматолитовые (?) месторождения. Сюда относятся трещинные жилы, повидимому пневматолитового происхождения (может быть, высокотемпературного гидротермального), сопровождаемые зонами вкрапленников. Эти жилы связаны с эксгаляциями габбровой магмы, которая дала также обильные приповерхностные пластовые интрузии и излияния, образовавшие мощные покровы так называемых «сибирских траппов».

В крупных месторождениях протяжение жил по простиранию измеряется сотнями метров и даже первыми единицами километров, мощность изменяется от 3—4 до 20—50 м, а протяжение на глубину, вероятно, достигает нескольких сотен метров. Вмещающие известковистые и доломитизированные песчаники и другие породы около жил изменены в гранатовые и диопсидовые породы, часто с вкрапленностью магнетита. Рудный минерал содержит значительную изоморфную примесь магния и является, таким образом, магнезиоферритом.

Гидротермальные среднетемпературные месторождения. К гидротермально-метасоматическому классу могут быть отнесены месторождения железного блеска, большинство которых незначительно по размерам. Наибольшее из них — Кутимское месторождение на Северном Урале — представлено залежью и жилами весьма богатой руды среди доломитов. В Чатахских месторождениях (Закавказье) оруденение представлено небольшими штоками, гнездами и неправильными пластообразными залежами в туфогенных породах, разбросанными на площади свыше 150 км<sup>2</sup>.

Абаильское сидеритовое месторождение в Южном Казахстане, приуроченное к зоне разлома среди карбонатных пород, представлено несколькими крутопадающими залежами сидерита, превращенного на глубину несколько десятков метров от поверхности в бурый железняк. Залежи местами загрязнены сульфидами, в частности мышьяковистыми. Месторождение это следует рассматривать не только как гидротермальное замещение в зоне разлома, но в значительной части и как замещение не затронутых раздроблением карбонатных пород.

Ряд исследователей считает типичными представителями гидротермально-метасоматического класса Бакальские, а также Зигазино-Комаровские и другие сидерито-бурожелезняковые месторождения. Но, даже принимая гипотезу гидротермально-метасоматического их образования, нельзя не признавать важнейшего значения стратиграфических критериев для месторождений бакальского типа, поскольку последние связаны с вполне определенными горизонтами карбонатных пород.

Геологической предпосылкой для поисков собственно магматических титаномагнетитовых месторождений является наличие массивов габбровых пород. Вкрапленники или жилы титаномагнетита могут быть

обнаружены непосредственным наблюдением выходов по развалам, а при слабой обнаженности участки наиболее богатой вкрапленности легко обнаруживаются магнитной съемкой.

Для контактно-метасоматических месторождений магнитного железняка характерны следующие признаки: 1) гипабиссальные кислые интрузии, прорывающие осадочные или вулканогенно-осадочные толщи с известняками и известковистыми породами; 2) зоны разлома и дробления в интрузивах; 3) остатки кровли над телом интрузива с признаками метаморфизма; 4) наличие скарнов. Поиски оруденения вдоль контактов могут производиться по развалам и высыпкам руды, по обломкам и гальке руды в пересекающих контакты речках, а главным образом посредством магнитной съемки контактовой полосы. Даже при окислении магнетитовых залежей на значительную глубину, все-таки обычно сохраняются участки магнетита, частично сохраняется намагниченность полумартитов.

Для жильных пневматолитовых или гидротермальных жильных месторождений магнетита общие поисковые признаки те же, что и для месторождений того же типа других металлов. При плохой обнаженности непосредственные поиски наиболее успешно осуществляются магнитной съемкой. Однако месторождения железного блеска магнитной съемкой обычно не могут быть обнаружены.

Для поисков гидротермально-метасоматических месторождений важнейшее значение имеют стратиграфические, литологические и структурные критерии (зоны разлома и дробления, сводовые части антиклинальных складок и т. п.).

При геологическом картировании районов распространения собственно магматических железорудных месторождений необходимо для массивов, пластовых интрузий и крупных даек габбровых пород, кроме расчленения их на петрографические разновидности, приводить основные результаты наблюдений над внутренней структурой и трещинной тектоникой интрузивов. При наличии данных магнитной съемки должны быть нанесены контуры участков с существенно различным напряжением вертикальной составляющей аномального магнитного поля. Разведанные участки более богатой вкрапленности, шпильки и жилы должны быть показаны, в зависимости от их размера, в масштабе или отмечены немасштабными условными знаками.

Для районов, где возможно проявление контактовых месторождений, обязательно указывать элементы внутренней структуры и трещинной тектоники интрузивов, помогающие определить вероятные направление и угол падения контактных поверхностей. Показываются ореолы метаморфизма и скарновые зоны, хотя бы немасштабными значками.

Месторождения невыясненного генезиса. К этой группе в основном относятся залежи богатых руд среди метаморфогенных железистых пород первично-осадочного происхождения, а именно Кривой Рог и Курская магнитная аномалия.

Образование и особенности этих залежей обычно связывают с выщелачиванием и метасоматозом железистых пород, но относительно происхождения (гипогенного или гипергенного) выщелачивавших растворов нет пока единого мнения. Столбообразные и гнездообразные залежи богатых руд приурочены лишь к определенным участкам по простиранию железорудной формации, разделенным перерывами (без богатой руды). Иногда эти залежи образуют даже поперечный пояс, пересекая разные стратиграфические горизонты железорудной толщи. Пластообразные залежи, связанные с поверхностью древнего размыта железорудной формации под толщей верхней сланцевой свиты, нередко имеют значительное протяжение, измеряемое сотнями метров и километрами, но мощность их невелика и непостоянна, не столь значительно и протяжение на глубину. Среднее содержание железа в руде их весьма высокое.

Общими поисковыми признаками для богатых залежей типа Кривого Рога являются: 1) наличие железистых пород внутри железорудной формации или на контакте ее с верхней сланцевой свитой; 2) наличие замков крупных складок; 3) наличие в соседних участках зон или поясов богатого оруденения.

Признаками для непосредственных поисков, осуществляемых в условиях Кривого Рога главным образом подземными горными выработками (реже буровыми скважинами), являются местные изменения рудовмещающих железистых пород. Сюда относятся: появление мелкой складчатости и смятия (за контурами рудных залежей наблюдается довольно редко); повышение пористости и водоносности; уменьшение крепости жеспилиитов; появление признаков выщелачивания и разрыхления, а для гидротерматов — обохривание сланцев; переход от серо-зеленой окраски к красно-бурой и желтой. Недостаток этих признаков с практической точки зрения заключается в том, что перечисленные изменения распространяются лишь на самое незначительное (в пределах 1—2 м, редко больше) расстояние.

Поисковыми признаками для богатых залежей Курской магнитной аномалии являются: сложное тектоническое строение железорудной формации (тектонические узлы) и, может быть, наличие в покрывающей толще сидерито-кварцевых или кальцито-шамозито-кварцевых песчаников предположительно девонского возраста (если они не уничтожены последующим размытием). Непосредственные поиски производятся буровыми скважинами. Возможно, что сейсмометрическими методами можно будет устанавливать залежи богатых руд по разнице глубин залегания поверхности докембрийских пород и подошвы руды, представленной плотными магнетитовыми кварцитами.

## 11. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРОМИТА

подавляющее большинство промышленных месторождений хромита приурочено к перидотитам и дунитам, а также к продуктам метаморфизма этих пород — серпентинитам и тальково-карбонатным породам. Давно известно отсутствие хромитовых залежей за пределами массивов ультраосновных пород. Промышленные месторождения хромита не были встречены ни в существенно пироксенитовых массивах, ни среди тех габбро-перидотитовых интрузий, в строении которых главную роль играют породы групп габбро и пироксенита.

Изучение хромитовых месторождений показывает, что образование их не выходило за пределы собственно магматической фазы формирования массивов гипербазитов.

Все промышленные месторождения хромита в СССР и большинство из них за границей образовались в позднюю магматическую стадию формирования массивов гипербазитов и представляют собой кристаллизационные гистеромагматические образования, возникшие из остаточных рудоносных расплавов при участии летучих компонентов и имеющие жилы или линзообразную форму, т. е. залегающие эпигенетически по отношению к вмещающим гипербазитам. Магматические кристаллизационные месторождения хромита сегрегационного типа имеют подчиненное развитие и значение. На территории СССР известны месторождения этого типа только в виде шпильков хромитовых вкрапленников. Неизвестны до сих пор в СССР пластообразные залежи типа бушвельдских, возникших в результате гравитационной дифференциации внутри первично-расслоенного габбро-перидотитового массива.

Еще меньше значение гидротермальных месторождений хромита. Промышленно ценные месторождения этого типа в СССР неизвестны. Сравнительно небольшое значение имеют также и «вторичные»

месторождения — элювиальные и делювиальные россыпи хромита, встречаются довольно редко.

Постоянная приуроченность залежей хромита к массивам гипербазитов достаточно точно очерчивает районы для поисков этих залежей.

Следует иметь в виду, что руды месторождений, залегающих среди перидотитов (гарцбургитов), сложены хромшпинелидом типа алюмохромита или хромпикотита (по классификации А. К. Болдырева) и характеризуются повышенным содержанием глинозема (до 20—25%). По содержанию  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  эти руды оказываются низко- и среднесортными и используются главным образом в химической промышленности и для огнеупоров, лишь отчасти для ферросплавов. Рудные же тела, связанные с обособлениями дунитов в массивах перидотитов, сложены магнохромитом и хромпикотитом и являются высокосортным сырьем для промышленности ферросплавов. Это можно считать правилом, почти не имеющим исключений, которым следует руководствоваться при поисках месторождений высокосортных руд. Однако, когда дунитовые обособления представляют собой протоматматические шпирсы, а не гистероматматические образования, хромитовые залежи в этом случае столь же богаты глиноземом, как и залежи в перидотитах.

Ввиду изложенного при съемке масштаба 1 : 200 000 надлежит хотя бы схематично, а при съемке масштаба 1 : 50 000 детально оконтурить участки габбро-перидотитовых массивов, сложенные дунитами и перидотитами.

Расположение хромитовых залежей внутри этих массивов подчинено элементам прототектоники последних. Из элементов трещинной прототектоники хромитовые тела чаще всего связаны с трещинами *S* и *D* (по систематике Клооса), что, например, на Урале сказывается в преобладании рудных тел меридионального, северо-восточного и северо-западного простирания. Ввиду наибольшего промышленного значения гистероматматических месторождений хромита, которым свойственна форма типичных эпигенетических залежей (линзы и жилы), при геологической съемке гипербазитовых массивов необходимо обращать особое внимание на те элементы прототектоники, к которым могут быть приурочены эпигенетические рудные тела и от которых зависят структурные особенности рудных полей хромитовых месторождений. Отсюда, в частности, вытекает необходимость уже при съемке масштаба 1 : 50 000 выделять комагматическую и ксеногенную жильные свиты, в особенности первую, так как породы этой свиты фиксируют прототектонические трещины в массиве интрузии. Послерудные нарушения, которые весьма существенно влияют на залегание, форму и даже на пространственное распределение хромитовых залежей, должны быть по возможности увязаны с тектоникой пород, вмещающих гипербазиты.

На геологических картах должны быть показаны известные и вновь обнаруженные коренные залежи хромита, высыпки хромитовой щебенки, элювиальные и делювиальные россыпи.

## 12. МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАРГАНЦА

Парагенетически марганец является обычно спутником железа, особенно в осадочных рудных концентрациях, но распространен гораздо реже.

В глубинных (плутонических и вулканических) породах присутствуют главным образом соединения двухвалентного марганца. Марганцевые минералы эндогенного происхождения вообще редки и немногочисленны. Марганец в этом случае связан главным образом с основными, частью с ультраосновными породами и присутствует обычно в виде изоморфной примеси в железистых и титанистых силикатах, например в эпидотах, роговых обманках, пироксенах, гранатах, некоторых шпинелях, слюдах

и др. Встречаются небольшие скопления марганцевых минералов также в кварцевых жилах среди кислых глубинных пород.

Более значительны первичные и переотложенные концентрации марганцевых соединений среди толщ подводных лав и замещающих их туффито-кремнистых пород (яшм, фтанитов, яшмокварцитов), где иногда встречаются многочисленные пластовые линзы марганцевых руд.

Ряд месторождений марганцевых руд жильного типа, прежде считавшихся эндогенными, теперь считается продуктом метаморфизации осадочных руд.

При этом происходит обезвоживание первоначальных гидроокислов марганца (с переходом их в бустамит, гаусманит) и образование силикатов (родонита, марганцевых гранатов и др.).

На поверхности земли наиболее устойчива четырехвалентная форма марганца, особенно в виде  $\text{MnO}_2$ , конечного продукта окисления и разложения низших окислов марганца. В экзогенных условиях концентрации марганца тоже тяготеют к железистым, кремнистым и карбонатным породам, но представлены здесь довольно разнообразными минералами: гидроокислами — псиломеланами, вернадитом, манганитом; двуокисью — пиролюзитом; карбонатами — олигонитом, манганокальцитом и родохрозитом.

В коре выветривания, главным образом в марганцовистых эффузивных и осадочных толщах, особенно в условиях влажного теплого климата, иногда образуются значительные скопления марганца в виде пленок и желваков.

В эпохи интенсивного выветривания за счет окисления карбонатов и силикатов возникали значительные месторождения вторичных окисленных руд (марганцевые шляпы), порой заметно обогащенных кобальтом. Марганцевые и железо-марганцевые шляпы сопровождаются россыпями валунчатых руд, а также прожилками и гнездами инфильтрационных залежей (в карсте).

Благодаря своей легкой окисляемости соединения марганца служат источником энергии для автотрофных микроорганизмов, особенно для бактерий, близких к железобактериям.

Конкреционное сложение марганцеворудных пластов и горизонтов марганцеворудных желваков во многих случаях является, несомненно, продуктом раннедиагенетических превращений в илу, происходящих главным образом в результате жизнедеятельности бактериальных колоний.

Согласно исследованиям А. Г. Бетехтина, промышленное значение разных типов месторождений оценивается следующим образом.

Контактово-метасоматические месторождения марганцевых руд обычно существенного значения не имеют. Метаморфогенные месторождения (силикатные и вторично-окисленные) могут обладать крупными запасами качественных руд. Остаточные месторождения (марганцевые шляпы) в ряде случаев имеют большую промышленную ценность (например, на Урале и в Западной Сибири). Но наибольшую ценность представляют нормально-осадочные залежи, связанные с мелководными и прибрежными морскими отложениями. Реже встречаются и обычно менее значительны залежи марганцевых руд пресноводного и лагунного происхождения.

Среди морских отложений рудные пласты приурочены к мелководным и прибрежным кремнисто-глинистым (с опоками и спонголитами), алеврито-песчаным и оолитовым пачкам, к кремнисто-известняковым толщам и в ряде случаев к кремнисто-туффитовым (с радиоляритами и спонголитами) шлейфам подводных извержений. Приуроченность многих залежей к прибрежной кромке морского бассейна указывает на зависимость зоны рудообразования от условий рельефа, от характера и состава прилегающей области древней суши (где обычно сохраняются

признаки прежнего интенсивного выветривания марганцевистых пород). Поэтому решающее значение при поисках приобретает фациальный анализ изменчивости и вероятного распространения типов осадочных марганцевых руд.

Наиболее богатая по содержанию марганца и чистая от вредных примесей (фосфора, кремнезема, серы, мышьяка) фацция первично-окисных руд, соответствующая наиболее мощной зоне аэрации, характеризующейся массовым свертыванием коллоидов и наибольшим отложением гидроокислов марганца, находилась ближе к береговой линии, а фацции манганитовых и марганцево-карбонатных руд располагались дальше и глубже, где в условиях недостатка кислорода и заметного разложения органического вещества происходило выделение углекислоты и сероводорода, а также усиленное первичное превращение гелей гидроокислов марганца в карбонаты. Ясно, что скорость смены рудных фаций (и ширина зоны первично-окисленных руд) находилась в сильной зависимости от первичных условий рельефа и от темпов погружения дна бассейна.

Таким образом, при поисках марганцеворудных залежей, связанных с мелководно-морскими осадками, крайне существенно выяснить во всех подробностях связь фациальной изменчивости, мощности и других особенностей рудоносной толщи и рудных пластов с палеогеографической ситуацией и структурно-тектоническим режимом развития как самого бассейна, так и соседней области древней суши. Не менее существенно для поисковых прогнозов выяснение всей последующей геологической истории залежей и месторождений данного типа, поскольку совершенно необходимо и в полевых условиях различать и не смешивать руды первично-окисные (обычно наиболее качественные) и вторично-окисленные (возникшие при последующем выветривании и окислении первично-карбонатных руд). Имеет некоторое значение также обычная приуроченность многих осадочных марганцевых руд к определенным стратиграфическим горизонтам, т. е. к эпохам рудообразования.

На территории СССР известны месторождения следующих главных эпох марганцевого рудообразования: 1) среди кремнисто-известняковых толщ большой мощности нижнекембрийского и, возможно, докембрийского возраста (в Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии, на Украине и в других районах); 2) среди эффузивно-кремнистых толщ в связи с радиоляриевыми яшмами, яшмокарбонатами и туфосланцами девонского возраста (на Урале и в Казахстане); 3) среди песчано-кремнисто-сланцевых толщ (со спонголитами) верхнего девона и нижнего карбона (в Казахстане и на Урале); 4) среди эффузивно-кремнистых толщ верхнего палеозоя и нижнего мезозоя (на Дальнем Востоке); 5) среди карбонатных и глинисто-песчано-мергелистых пачек перми по западному склону Урала; 6) среди мелководных песчано-глинистых и кремнисто-карбонатных отложений нижнетретичного возраста (на Кавказе и в Закавказье, на Украине, Урале, в Закаспии и других районах).

Вполне возможно нахождение залежей марганцевых руд и в других стратиграфических горизонтах, для которых эпохи рудообразования еще не установлены (примером подобного стратиграфически неожиданного открытия является обнаружение Улутелякского месторождения марганцевистых известняков в кунгурских отложениях Башкирии). Наиболее благоприятны для поисков марганцеворудных залежей: а) окраины морских трансгрессий, близких к эпохам интенсивного выветривания и захватывающих области суши с признаками широкого распространения марганцевистых пород; б) кремнисто-карбонатные и эффузивно-кремнистые (яшмовые) толщи в геосинклинальных зонах; в) районы и горизонты распространения крупных железорудных и бокситовых месторождений.

Одним из признаков, позволяющих ставить поиски марганцевых месторождений, является заметно повышенное содержание марганца в грунтовых водах, золе растений, почвах, элювии и коренных породах, присутствие марганцевистых разновидностей среди породообразующих минералов (например, марганцевистого эпидота, марганцевистых карбонатов, марганцевистого глауконита и др.). Тем не менее повышенная марганценосность пород еще не является прямым доказательством присутствия месторождений марганцевых руд.

Определение марганца в полевых условиях производится с помощью реактивов походной химической лаборатории. Например, крупинку испытуемого минерала растирают с кристалликами  $\text{KHSO}_4$  и азотнокислого серебра, после чего добавляют каплю разбавленного аммиака (мгновенное почернение). Применяют также спектральный анализ.

Приступая к поискам, следует вполне отчетливо усвоить характерные диагностические признаки марганцевых минералов и пород не только по наиболее показательным образцам из музейных коллекций, но и по рядовым обычным штуфам месторождений данной области. Еще недавно бывали случаи, когда месторождения карбонатных руд открывались не в поле, а позже, при камеральном изучении образцов в коллекциях. Наиболее распространенные карбонаты марганца (родохрозит, манганокальцит, олигонит) бывают похожи на известняки (известковые туфы), но заметно более тяжеловесны, обычно с сизо-черными дендритами, пленками, черными или коричнево-черными корочками окислов марганца. Марганцевые силикаты (родонит, пьомонтит, марганцевые гранаты и др.), окислы и некоторые гидроокислы (вернадит) отличаются характерным шоколадным, красно-коричневым и розово-красным цветом порошка или черты. Вернадит, вторичный по карбонатам, и некоторые вады-псиломеланы отличаются высокой пористостью (некоторые разности плавают на воде). Для многих марганцеворудных пластов весьма характерны бобовая и оолитовая структуры.

### 13. МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЛЮДЫ

Из группы слюд широкое промышленное значение имеют только две разновидности: мусковит и флогопит. Практическое использование других слюд сравнительно невелико. Наиболее ценной и дефицитной является крупная слюда с полезной площадью пластинок  $10-40 \text{ см}^2$  и больше. Поэтому и основной задачей поисков и разведок является выявление месторождений слюды возможно более крупной, ценность которой значительно превышает ценность мелкой слюды.

Генезис и условия залегания мусковита и флогопита весьма различны, что определяет и различие поисковых признаков для их промышленных месторождений. Промышленные месторождения мусковита приурочены исключительно к крупнозернистым пегматитам гранитного типа, в составе которых мусковит иногда встречается в форме крупных кристаллов. Мелкозернистые и графические пегматиты часто содержат мусковит, но только в виде мелких листочков или кристаллов, не имеющих промышленного значения. Однако крупнозернистая структура пегматитовых жил еще не решает вопроса об их промышленной слюдоносности. Крупнозернистые пегматиты известны во многих пегматитовых областях, но лишь в немногих они несут промышленное ослюдование. Это обусловлено, по видимому, тем, что формирование слюдоносных пегматитов зависит не только от определенных физико-химических особенностей остаточного пегматитового раствора, но в значительной степени и от геологической обстановки, в которой происходила его кристаллизация. Поэтому мусковитоносные районы должны отличаться некоторыми геологическими и тектоническими особенностями, имеющими важное поисковое значение.

Флогопит встречается реже мусковита. В настоящее время насчитывается четыре главных месторождения флогопита: в Канаде, на Мадагаскаре и два в СССР.

Месторождения флогопита, повидимому, образовались в результате метасоматического взаимодействия алюмосиликатных пород с доломитами в местах особенно интенсивной циркуляции постмагматических щелочных растворов, при высоких температуре и давлении. В этих условиях полевошпатовые породы, поглощая из последних магний и кальций, замещаются диопсидо-скаполитовыми, диопсидо-паргаситовыми и диопсидо-флогопитовыми породами. Доломиты же, поглощая кремнезем и отчасти железо, замещаются зелеными диопсидовыми породами или кальцитом с диопсидом, форстеритом, флогопитом, шпинелью и т. д. Взаимодействие двух пород происходит как вдоль их контактов, так и особенно вдоль секущих их трещин. При достаточной интенсивности этого процесса образуются крупные скопления флогопита. В этих месторождениях флогопит всегда встречается совместно с диопсидом, часто присутствует кальцит, иногда в значительном количестве присутствуют также скаполит и апатит. Перечислим поисковые признаки месторождений мусковита и флогопита.

Мусковитовые месторождения имеют следующие признаки:

1. Большинство промышленных месторождений мусковита как в Советском Союзе, так и в зарубежных странах приурочено к районам широкого распространения докембрийских высокотемпературных кристаллических сланцев. Из изверженных пород наибольшим распространением здесь пользуются граниты с их мигматитами, пегматитами, аплитами и кварцевыми жилами.

Промышленно интересные мусковитовые пегматиты залегают преимущественно среди гнейсов и кристаллических сланцев. Неизвестно ни одного крупного месторождения мусковита как среди гранитов, так и среди слабо метаморфизованных пород.

Если кристаллические сланцы мусковитовых районов относятся почти всеми авторами к докембрию, то вопрос о возрасте гранитов, являющихся материнскими породами по отношению к пегматитовым жилам, в ряде случаев остается нерешенным. Однако граниты также чаще относятся к докембрию, и во всяком случае они не моложе палеозоя.

2. Комплексы кристаллических сланцев в слюдоносных районах всегда отличаются пестрым разнообразием переслаивающихся между собой пород. Наиболее распространены в этих районах биотитовые, биотитороговообманковые, роговообманковые, двуслюдяные, гранатовые и кианитовые гнейсы и кристаллические сланцы, в различной степени инфицированные гранито-пегматитовым и аплитовым материалом. Подчиненное развитие имеют амфиболиты, мраморы, кварциты.

Для слюдоносных районов характерно полное отсутствие гиперстеновых гнейсов и весьма обмечен парагенезис роговых обманок или моноклинного пироксена с альмандином или альмандин-пиропом. В карбонатных породах в небольшом количестве встречаются волластонит и грюсуляр. Для минералогического состава кристаллических сланцев весьма типичны плагиоклаз, кварц, мусковит и биотит. Часто присутствуют гранат-альмандин и кианит, иногда даже в значительном количестве.

3. Из изверженных пород для слюдоносных районов характерны граниты, местами пользующиеся значительным распространением. С гранитами тесно связана инъекция гранито-пегматитового материала в кристаллические сланцы. Последняя иногда столь интенсивна, что образуются довольно мощные зоны мигматитов.

Весьма характерно для слюдоносных районов обилие пегматитов. В пространственном распределении отдельных типов пегматитов

всегда намечается некоторая закономерность, тесно связанная как с зонами мигматизации, так и с фациями метаморфизма.

Для зон интенсивной мигматизации, расположенных ближе к гранитным массивам, характерны более высокотемпературные гнейсы и кристаллические сланцы, обычно не содержащие мусковита, а также и более высокотемпературные пегматиты с характерными письменными структурами, в составе которых мусковит если и встречается, то в форме мелких листочков и кристаллов и в относительно небольшом количестве.

К внешним зонам гранито-пегматитовой инъекции, расположенным дальше от гранитных массивов, часто бывают приурочены типичные мусковитовые пегматиты, нередко имеющие крупное промышленное значение. Для этих пегматитов характерны крупнокристаллическая структура и структуры замещения кварцево-мусковитовым комплексом. Широкое распространение во внешних зонах имеют биотитовые, двуслюдяные, нередко богатые гранатом и кианитом гнейсы и кристаллические сланцы, иногда встречаются даже мусковитовые и другие типичные мезогнейсы (альмандин-кианит-мусковитовая фация).

4. В тектоническом отношении мусковитовые районы до сих пор плохо изучены, но большинство из них, повидимому, имеет сложное строение (сложные синклиналии). Большим развитием пользуются более мелкие складки различного порядка и поперечная складчатость. Складчатые структуры осложнены сбросами и надвигами. Пластовые и секущие тектонические трещины, повидимому, во многих случаях и послужили полостями для формирования пегматитовых жил.

5. Из сказанного видно, что при геолого-съёмочных работах важное значение имеет изучение и прослеживание тектоники и метаморфических фаций кристаллических сланцев. С этими фациями тесно связано и преобладание пегматитов того или другого типа.

Еще большее значение имеет изучение самих пегматитов в отношении их строения, минералогического состава, наличия скоплений крупных кристаллов мусковита и т. д. В минералогическом отношении мусковитовые пегматиты, согласно классификации А. Е. Ферсмана, относятся к группе шерлово-мусковитовых, отчасти топазо-берилловых пегматитов и обычно состоят из кварца, полевых шпатов, мусковита, нередко с значительным количеством биотита. Для пегматитов характерно частое преобладание плагиоклаза над микроклином, а иногда последний почти полностью отсутствует. Для некоторых мусковитовых пегматитов характерны крупные кристаллы турмалина и апатита, иногда берилла. Нередко встречается гранат. В незначительных количествах присутствуют уранинит, монацит, ортит и другие минералы.

При изучении пегматитов важно отмечать их строение. Промышленный мусковит обычно бывает приурочен к крупнозернистым пегматитам пегматоидной или апографической структуры и к зональной или блоковой текстурой. Благоприятными признаками для мусковита являются также структуры замещения, связанные с кварцево-мусковитовым комплексом, который часто содержит промышленную слюду. Пегматиты графических и аплитовых структур и другие мелкозернистые пегматиты не содержат промышленного мусковита. Благоприятным признаком в отношении ослюденения является иногда наличие крупных обособлений кварца, а также крупных кристаллов апатита, турмалина, большое развитие кислых разновидностей плагиоклаза, выделяющегося иногда в крупных блоках, и т. д.

6. Важным поисковым признаком является наличие в районе старых слюдяных ям — выработок древних рудокопов. Интересно отметить, что в большинстве случаев промышленные слюдяные жилы Мамско-Витимского района, Северной Карелии и других районов были найдены по старым слюдяным выработкам, почти сравнявшимся с поверхностью и заросшим мхом, кустарником и деревьями.

Прямым поисковым признаком являются также находки крупных кристаллов мусковита, особенно совместно с крупными кусками полевого шпата или кварца, а также находки выветрелых листов слюды в почвенном слое. Эти находки указывают на близость слюдоносной жилы.

Поэтому при геолого-съемочных работах должны обязательно отмечаться старые слюдяные выработки — ямы, места находок мусковита, отдельных крупных кусков полевого шпата, кварца, крупнозернистого пегматита и т. д., как признаки возможной слюдоносности района.

Поисковые признаки для месторождений флогопита имеют ряд особенностей, важных при перспективной оценке и поисках этих месторождений. Отметим наиболее характерные из этих признаков.

1. Флогопитоносные районы, как отечественные, так и зарубежные, находятся в областях широкого распространения архейских пород, среди которых особенно характерны высокотемпературные, инъецированные гранито-пегматитовым материалом кристаллические сланцы, затем граниты с их мигматитами, пегматитами и аплитами.

2. Для минералогического состава кристаллических сланцев характерно отсутствие волластонита, гроссуляра, везувиана, периклаза, а также некоторых более низкотемпературных минералов — антофиллита, куммингтонита, хлоритоидов, пренита и др. Также отсутствует ассоциация альмандина или альмандин-пироп с роговой обманкой или моноклинным пироксеном. Мусковит, эпидот, хлорит и подобные минералы не характерны для кристаллических сланцев в флогопитоносных районах, развиваясь только как вторичные минералы.

Кристаллические сланцы, следовательно, имеют высокотемпературный характер: они образовались в условиях исключительной глубинности и интенсивной инъекции их гранито-пегматитовым материалом. Кроме биотитовых, гранато-биотитовых, силлиманито- и кианито-биотитовых, роговообманковых и других гнейсов, широко распространены гиперстеновые гнейсы, пироксеновые амфиболиты, пироксено-амфиболовые гнейсы и другие основные кристаллические сланцы, а также мраморы и кальцифиры с форстеритом, диопсидом, флогопитом, шпинелью, диопсидовые породы, диопсидо-плаггиоклазовые и другие известковистые кристаллические сланцы и гнейсы.

3. Флогопитоносные районы отличаются также широким распространением гранитных пород с их пегматитами и аплитами, особенно гранитов аляскитового типа, а также субщелочных гранитов и пегматитов с диопсидом и роговой обманкой. С субщелочными гранитными породами генетически связаны постмагматические щелочные растворы, обусловившие образование флогопитовых месторождений.

4. Флогопитоносные районы принадлежат к областям сложной складчатой структуры. Месторождения здесь приурочены к зонам тектонических нарушений типа сбросов и надвигов с обильной трещиноватостью. Последняя способствует более интенсивной циркуляции постмагматических растворов.

5. Для флогопитоносных районов характерно наличие доломитов и других карбонатных пород и образовавшихся за их счет диопсидовых пород — диопсидо-плаггиоклазовых и других известковистых кристаллических сланцев. Карбонатные породы играют большую роль в образовании месторождений как основной источник магния, главного компонента флогопита и постоянно ему сопутствующего диопсида. Кроме того, большей частью месторождения флогопита приурочены к зонам контактов мраморов с пегматитами, гранитами, кристаллическими сланцами.

Следовательно, особое внимание при геолого-съемочных работах следует уделять изучению стратиграфии архейских пород с целью выделе-

ния и прослеживания карбонатных пород, зеленых диопсидовых, диопсидо-плаггиоклазовых и других известковистых кристаллических сланцев. Среди мраморов особенно важно отличать доломитизированные разновидности, наиболее благоприятные для образования флогопитовых месторождений. Генетически и территориально месторождения флогопита тесно связаны с мраморами-доломитами и зелеными метасоматическими диопсидовыми породами (несколько изменчивого минералогического состава), характерными для околорудных изменений вмещающих пород.

6. По условиям залегания, морфологическим особенностям и типу вмещающих пород флогопитовые месторождения делятся на три группы, имеющие несколько различное промышленное значение:

1) флогопитовые скопления, залегающие среди зеленых метасоматических диопсидовых пород, приуроченных к контактам мраморов-доломитов с алюмосиликатными породами;

2) флогопитовые скопления, тоже залегающие в зеленых диопсидовых породах, но без мраморов, либо с мраморами, обогащенными диопсидом, форстеритом, флогопитом, изредка встречающимися в виде ксенолитов-реликтов;

3) флогопитовые жилы, которые секут гнейсы и кристаллические сланцы, в контактах превращенные в диопсидо-скаполитовые и диопсидо-флогопитовые породы.

Все три группы генетически связаны с метасоматическими диопсидовыми породами, наличие которых уже непосредственно указывает на возможность нахождения флогопитовых месторождений. По степени интенсивности метасоматического процесса можно сделать некоторые предварительные заключения о значении того или другого месторождения.

Поэтому при геолого-съемочных работах необходимо выделять и прослеживать диопсидовые породы, учитывая, однако, большое непостоянство контролируемой ими слюдоносности.

Особое внимание следует обращать: 1) на контакты пегматитов, биотитовых гнейсов, особенно пироксеновых амфиболитов, пироксено-амфиболовых гнейсов и подобных пород с карбонатными породами — мраморами; 2) на явления скаполитизации, диопсидизации и флогопитизации; 3) на места находок кристаллов флогопита, тем более на места скоплений флогопита, даже не имеющих промышленного значения.

#### 14. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАФИТА

Промышленные месторождения графита делятся на следующие генетические типы:

1. Магматические.
2. Пегматиты и силекситы.
3. Контактново-метасоматические.
4. Пневматолитовые (? высокотемпературные гидротермальные).
5. Метаморфогенные (имеющие наиболее важное промышленное значение).

Благодаря своей высокой устойчивости по отношению к химическим агентам выветривания графит при поверхностном разрушении первичных месторождений обычно довольно хорошо сохраняется и образует иногда очень значительной мощности элювиальные россыпи, которые сами по себе представляют и хороший поисковый признак, и иногда ценный объект для эксплуатации. Поэтому присутствие графита в рыхлых продуктах выветривания горных пород очень важно для обнаружения под ними или вблизи них коренных его месторождений. Но, вследствие своей мягкости, при перемещении элювия даже на сравни-

тельно небольшое расстояние графит очень быстро истирается и поэтому он очень редко концентрируется в делювиальных и аллювиальных отложениях.

Источником углерода в первичных месторождениях графита может явиться магма (именно присутствующие в ней газы  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ). Но для большинства месторождений наиболее вероятным источником является углерод, присутствующий в осадочных породах в форме органических остатков или карбонатов. Поэтому содержащие углерод осадочные породы (ископаемые угли, углистые, битуминозные сланцы, известняки и др.) являются наиболее важным поисковым признаком, указывающим на возможное наличие месторождений графита. Преобразование углерода органических остатков или карбонатов в графит обычно связано с последующей магматической деятельностью в широком смысле этого слова (т. е. с явлениями ассимиляции, контактового метаморфизма и всей совокупностью постинтрузивных процессов) и региональным метаморфизмом. Следовательно, указанные выше осадочные породы имеют значение поискового признака для графитовых месторождений только в тех регионах, которые стали ареной орогенеза, более поздней магматической деятельности или регионального метаморфизма.

Следует подчеркнуть, что образование графита может происходить путем простой перекристаллизации органического углерода, например при метаморфизме ископаемых углей, когда образуется скрытокристаллическая разновидность графита. Но весьма часто кристаллизации графита предшествует иногда весьма значительная миграция углерода первичных осадочных пород, приводящая к местному обогащению графитом отдельных участков магматических и метаморфических пород. В этом случае графит, обычно явнокристаллический, представлен плотнокристаллическими или чешуйчатыми разновидностями, причем последние особенно характерны для месторождений, образовавшихся в условиях регионального метаморфизма.

Магматические месторождения встречаются в интрузивных, дайковых и эффузивных породах разнообразного состава, от кислых и щелочных до ультраосновных, обычно прорывающих углеродсодержащие осадочные породы. В интрузирующих известняки нефелиновых сиенитах, к которым приурочено одно из наиболее крупных магматических месторождений — Ботогольское в Восточном Саяне, присутствуют первичный кальцит и ксенолиты известняка, около которых нередко концентрируется графит. В контактах сиенитов с известняками находятся волластонито-диопсидовые скарны с графитом.

Пегматиты и силекситы, к которым приурочены редкие и небольшие промышленные месторождения, залегают также среди кристаллических известняков. В последних около даек наблюдается вкрапленность чешуек графита и иногда встречаются известково-магнезиальные минералы скарнов (пироксен, амфибол, гранат), кварц и другие минералы.

Контактово-метасоматические месторождения (провинция Онтарио в Канаде) представлены графитсодержащими скарнами, которые располагаются в контактах кристаллических известняков и магматических пород состава от гранитов до габбро. Минералогический состав скарнов обычный (волластонит, диопсид, тремолит, везувиан, гранат и т. д.).

Относимые к пневматолитовым жильные месторождения графита (например, месторождения Цейлона) залегают среди интенсивно метаморфизованных углеродсодержащих осадочных пород. Поэтому более вероятно относить эти месторождения к классу метаморфических жил, ставя образование их в прямую зависимость от вызываемой метаморфизмом миграции и концентрации углерода первично-осадочных пород. В связи с этим поисковые признаки для пневматолитовых и мета-

морфических месторождений являются в значительной мере одинаковыми.

Весьма характерно, что среди графитсодержащих гнейсов и кристаллических сланцев, слагающих районы месторождений обоих типов, почти постоянно присутствуют кристаллические известняки и доломиты, содержащие графит и ту же группу минералов, что и указанные выше скарны (диопсид, волластонит, амфиболы, гранат, скаполит, форстерит, флогопит, апатит, сфен, серпентин и шпинель). Довольно постоянно также графитсодержащие метаморфические породы интрузируются магматическими породами, обычно кислого ряда, с многочисленными дайками гранита, аплита и пегматита. Пегматиты в этих случаях обычно сами содержат графит, равно как и залегающие около них гнейсы и кристаллические сланцы. Ввиду того что графитовые гнейсы и сланцы редко обнаруживаются, графитсодержащие пегматиты служат для них благоприятным поисковым признаком.

Графитизация ископаемых углей наблюдается обычно вблизи интрузивов различного состава, а также около пересекающих угольные пласты даек и кварцевых жил.

## 15. МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОРУНДА

Промышленные первичные месторождения корунда принадлежат к трем генетическим типам: 1) пегматитовому, 2) контактово-метасоматическому и 3) метаморфогенному. Благодаря высокой твердости, отсутствию спайности, химической инертности и значительному удельному весу корунд и некоторые корундовые породы при выветривании первичных месторождений концентрируются в рыхлых продуктах и образуют элювиальные, делювиальные и аллювиальные россыпи. В случае крупных размеров такие россыпи имеют самостоятельное промышленное значение, иногда даже большее, чем коренные месторождения, благодаря сравнительной легкости извлечения из них корунда.

Указанные типы коренных месторождений корунда резко различаются по следующим признакам: петрографическому составу корундовых и вмещающих их пород, форме и величине рудных тел, соотношению их с вмещающими породами, околорудным изменениям последних и даже габитусу кристаллов корунда.

**Пегматитовые месторождения.** Месторождения корундовых пегматитов располагаются в пределах гранито-пегматитовых полей, сопровождающих массивы гранитов или щелочных сиенитов. Иногда корундовые пегматиты в пределах одних и тех же даек переходят в обычные кварцсодержащие гранитные пегматиты или аплиты. Месторождения корундовых пегматитов делятся на два подтипа: корундовые сиенито-пегматиты и корундовые плагиоклазиты и марундиты (корундо-маргаритовые породы).

Корундовые сиенито-пегматиты находятся в тесной пространственной и генетической связи с щелочными и нефелиновыми сиенитами, залегая большей частью среди их массивов или реже среди вмещающих последние пород, но всегда вблизи контактов с щелочными породами. Вмещающие породы около даек нередко бывают обогащены биотитом. Корунд имеет серую, белую, бронзовую, черную или синюю окраску, иногда водяно-прозрачен (сапфир). Его кристаллы достигают величины 40 см в длину и имеют дипирамидальную или боченкообразную (в дайках среди щелочных сиенитов) или короткопризматическую (в дайках среди гранито-гнейсов) форму.

Корундовые плагиоклазиты (плумазиты, кыштымиты, борзовиты) и марундиты залегают в форме даек или штоков среди массивов ультраосновных пород (перидотитов, пироксенитов, горнблендитов, серпентинитов), реже среди парасерпентинитов (метаморфизованных на контактах

с гранитами доломитов). Около даек в ультраосновных породах постоянно присутствуют реакционные каймы биотитовых (или флогопитовых, вермикулитовых, хлоритовых), актинолитовых, тальковых пород и серпентинитов, резко бросающиеся в глаза своей обычно яркой, отличной от ультраосновных пород окраской. Такие породы нередко встречаются и в форме самостоятельных, не связанных с дайками жил. Корунд в плагиоклазах и марундитах окрашен большей частью в серый, реже в синий и зеленый цвет. По величине кристаллов корунда они не уступают иногда сиенито-пегматитам, но в других месторождениях этого типа длина кристаллов не превышает нескольких миллиметров. Форма кристаллов почти всегда дипирамидальная, веретенообразная, редко боченкообразная или длиннопризматическая. Характерные спутники корунда: зеленая шпинель (плеонаст), в марундитах черный турмалин, часто в радиальных сростках кристаллов («турмалиновые солнца»).

**Контактово - метасоматические месторождения.** Месторождения этого типа приурочены к массивам вторичных алюмокварцитов, располагающихся преимущественно на контактах кислых эффузивов с кислыми же, но более молодыми интрузивами (преимущественно гранитного или гранодиоритового состава). Алюмокварциты представляют собой продукты контактового метаморфизма тех и других пород. Наиболее благоприятны для образования алюмокварцитов эффузивы (лавы и пирокласты) с отношением молекулярных количеств  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} : \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 1$  (особенно альбитофиры, кератофиры и другие породы состава от липаритов до андезитов). Интрузивы и сопровождающие их массивы алюмокварцитов находятя обычно в сводовых частях антиклинальных складок, сложенных эффузивами, причем наиболее благоприятны для образования алюмокварцитов согласные интрузивы с пологими контактами. Корунд концентрируется обычно в ближайших к интрузивам зонах алюмокварцитов, а в пределах таких зон особенно благоприятны площади, непосредственно прилегающие к участкам мономинеральных вторичных кварцитов среди массивов алюмокварцитов. По минералогическому составу корундоносными являются андалузитовые, иногда также мусковитовые и гематитовые алюмокварциты.

Корунд в алюмокварцитах образует два типа минерализации: 1) вкрапленные руды (штокверки прожилков, сопровождаемых вкрапленностью) и 2) богатые корундом мусковито-корундовые, андалузито-корундовые до чисто корундовых породы, часто сопровождаемые богатыми андалузитовыми породами (линзо-, жило- и гнездообразные залежи). Второй тип минерализации приурочен чаще всего к трещинам растяжения, совпадающим по простиранию с антиклиналями и находящимся в их шарнирах. Он обычно встречается в массивах алюмокварцитов, в контактах которых с интрузивами имеются штоки или мощные дайки гипабиссальных пород («малых» или «дополнительных» интрузий).

Корунд обычно серого или синего цвета. Величина его кристаллов от долей миллиметра до 1 см. Очень характерна для месторождений в алюмокварцитах форма кристаллов, всегда тонкопластинчатая (одиночные шестиугольные пластинки и их пачки).

**Метаморфогенные месторождения.** Приурочены к метаморфизованным богатым глиноземом осадкам (древние бокситы, бокситовые глины и др.) преимущественно домезозойского возраста. Для месторождений корунда этого типа приложимы многие из поисковых признаков, сформулированных для месторождений бокситов. Конечно, применительно к метаморфогенным месторождениям корунда необходимо вносить известные поправки в связи с интенсивным метаморфизмом подобных месторождений.

Метаморфогенные месторождения корунда делятся на четыре под-типа: 1) рубинсодержащие мраморы; 2) магнетито-гематитовые, хлоритовидные и маргаритовые наждаки в кристаллических известняках; 3) шпинелевые наждаки в кристаллических сланцах, габбро, норитах и гранитах; 4) корундовые породы в кристаллических сланцах и гнейсах.

Рубинсодержащие мраморы обычно переслаиваются с кристаллическими сланцами в районах, подвергшихся интенсивному метаморфизму при внедрении кислых интрузий. Характерный ряд спутников рубина: флогопит, гранат, форстерит, диопсид, актинолит, тремолит, хондродит, скаполит, шпинель, графит и некоторые сульфиды. Рубин и шпинель обычно выделяются своей яркокрасной окраской. Кристаллы рубина, величиной до 1, редко до 3 см, обычно имеют длиннопризматическую или ромбоэдрическую форму.

Магнетито-гематитовые, хлоритовидные и маргаритовые наждаки черного, темнозеленого и темносерого цвета, залегающие в подавляющем большинстве месторождений среди кристаллических известняков, иногда сопровождаются «пиритовым наждаком». Их рудные тела, преимущественно в форме пластовых линз, располагаются обычно в определенных стратиграфических горизонтах между литологически различными толщами известняков. Последние около рудных тел приобретают обтекающую сланцеватость, содержат прожилки и вкрапленность минералов наждаков и иногда в значительном количестве графит. Известны наждаки, которые содержат много сульфидов. Выходы таких наждаков бываю сильно лимонитизированы и иногда образуют подобие железных шляп. Последние в некоторых месторождениях ранее разрабатывались даже в качестве железных руд. Корунд различной, преимущественно синей, окраски обычно взаимно прорастает с другими породообразующими минералами. Форма его кристаллов дипирамидальная или длиннопризматическая.

Шпинелевые наждаки, обычно черного цвета, залегают в форме линз вблизи контактов кристаллических сланцев с гранитами или образуют многочисленные ксенолиты в последних, еще чаще в габбро и норитах. Ксенолиты в основных породах обычно окружены каймой плагиоклазовой породы. Благодаря значительному количеству в наждаках магнетита шпинелевые наждаки, так же как и некоторые из магнетито-гематитовых наждаков, отличаются повышенной по сравнению с вмещающими породами магнитной проницаемостью, почему для их поисков может применяться магнитная съемка. Корунд, синего или серого цвета, обычно взаимно прорастает с шпинелью, магнетитом, плагиоклазом, силлиманитом и другими минералами. Форма его кристаллов пластинчатая.

Корундовые породы, нередко с мусковитом или хлоритом, образуют линзообразные тела среди энстатитовых, силлиманито-кордиеритовых, кианитовых сланцев и плагиоклазовых гнейсов. Краевые зоны рудных тел сложены почти мономинеральными силлиманитовыми или кианитовыми породами, имеющими иногда яркозеленую окраску. В месторождениях, подвергшихся позднему воздействию гидротермального метаморфизма, краевые зоны сложены мусковитовыми или хлоритовыми породами. Кристаллы корунда (иногда яркокрасного цвета) имеют форму толстых таблиц длиной обычно не более 1 см.

При поисках месторождений корунда необходимо иметь в виду, что далеко не всегда коренные залежи даже мономинеральных корундовых пород обнажаются на дневной поверхности. Нередко они бывают прикрыты мощным плащом четвертичных отложений, в которых лишь значительно ниже по склону от коренного выхода встречаются обломки и глыбы корундовых пород. Следует также учитывать, что степень окатанности последних еще не является показателем длительности их транс-

портировки: совершенно округлые гальки мономинеральных корундовых пород иногда встречаются уже на расстоянии нескольких десятков метров от материнского месторождения.

Хорошие результаты для поисков месторождений корунда дает шлиховой метод. Применяя этот метод, необходимо учитывать форму кристаллов корунда и характер его спутников, что может указывать на тип коренного месторождения.

## 16. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Поиски месторождений хризотил-асбеста облегчаются постоянной приуроченностью месторождений к определенным горным породам — к серпентинитам. Эти породы образуются преимущественно путем метаморфизации ультраосновных интрузивных пород и изредка путем метаморфизации доломитизированных известняков, в обоих случаях в результате гидротермальных процессов. Необходимо отметить, что месторождения хризотил-асбеста в ультраосновных породах имеют несравненно большее практическое значение, нежели в карбонатных породах.

Естественно, что поисковые критерии и признаки для месторождений хризотил-асбеста, связанных с серпентинизированными гипербазидами, будут иными, чем для месторождений, связанных с серпентинизированными известняками.

Изучение геологического строения зарубежных и отечественных месторождений хризотил-асбеста показывает, что огромное большинство и все наиболее крупные из них приурочены к тем серпентинитовым массивам, которые возникли в результате серпентинизации перидотитов, причем последние относятся преимущественно к типу гарцбургитов, значительно реже — лерцолитов. Единственное исключение — крупные месторождения Южной Родезии, приуроченные к массивам серпентинизированных дунитов. В серпентинизированных массивах, возникших из существенно пироксеновых пород, промышленно ценные месторождения асбеста встречаются значительно реже, а их масштаб и практическое значение обычно невелики, так как принадлежат они в большинстве случаев к карачаевскому подтипу<sup>1</sup> и содержат продольноволокнистый асбест пониженной прочности.

Из сказанного видно, что наибольший интерес представляют серпентинизированные перидотитовые интрузии, которые надлежит поэтому особо выделять на геологических картах.

Хотя серпентинизация ультраосновных пород и связанное с ней образование жил хризотил-асбеста во многих случаях обусловлены аутометаморфизмом интрузии под влиянием гидротерм, связанных с самой основной магмой, все же наиболее крупные из известных мировых месторождений асбеста приурочены к тем массивам гипербазитов, которые находятся в контакте с более молодыми кислыми интрузиями (преимущественно гранитной магмы). Серпентинизация и асбестообразование в таких массивах связаны главным образом с эманациями гидротермальной фазы этих кислых интрузий. В тех случаях, когда месторождения хризотил-асбеста возникали в телах гипербазитов под влиянием только процессов аутометаморфизма, если геологические наблюдения не устанавливают наличия кислых интрузий, гидротермы которых могли бы воздействовать на гипербазиты, мы всегда имеем залежи асбеста небольшого размера и, что особенно характерно, слабо насыщенные асбестом.

Исходя из изложенного, можно полагать, что наличие в контакте с серпентинизированным массивом гипербазитов более молодой кислой

интрузии, равно как и жильных дериватов кислой магмы, рассекающих массив, создает благоприятную предпосылку для поисков асбестоносных участков в массиве, которая должна отмечаться на картах.

Возникновение хризотил-асбеста, представляющего собой разновидность серпентина, наиболее свободную от примесей и второстепенных компонентов материнской породы, происходило в практически интересных масштабах только вследствие воздействия на ультраосновные породы глубинных термальных вод, и притом преимущественно вдоль и вблизи тех участков массива, которые являлись каналами для интенсивного проникновения этих вод в массив. Поэтому массивы гипербазитов, содержащие крупные месторождения хризотил-асбеста, не бывают нацело серпентинизированными: слагающие их дуниты и перидотиты превращались в серпентиниты лишь по периферии массивов, а внутри них — лишь вдоль более или менее мощных зон разломов, по которым поднимались с глубины серпентинизирующие растворы. Вдоль этих зон разломов возникают полосы или зоны серпентинитов, а вне этих зон серпентинизация проявляется лишь в слабой степени. Таким образом, ультраосновные породы сохраняют свой состав и облик как на глубине, так и у современной поверхности. Под влиянием процессов выветривания они изменяются совершенно иначе, чем возникшие из них серпентиниты.

Следовательно, на геологических картах крупных масштабов (1 : 50 000 и крупнее) среди массивов ультраосновных пород должны быть выделены серпентиниты и слабо или вовсе не серпентинизированные гипербазиты, так как наиболее благоприятными для детальных поисков месторождений хризотил-асбеста оказываются зоны контакта серпентинитовых полос с несерпентинизированными гипербазидами. Структура крупнейших месторождений хризотил-асбеста в СССР и за рубежом определяется сочетанием и количеством крупных разломов среди массивов ультраосновных пород.

Породы коагматической гипербазидам жильной свиты — пироксенит, микрогаббро, диабаз, плагиоклазит и др. — под влиянием гидротермальных асбестообразующих растворов метаморфизуются в гранатовые, хлорито- и пироксено-гранатовые, гранато-везувиановые и тому подобные известково-силикатные породы, изменяя свой зеленый цвет различных (обычно темных) оттенков на зеленовато-белый, белый, желтый и розовый. Благодаря своей окраске жилы этих пород особенно отчетливо выделяются на темном фоне серпентинитов и перидотитов. Наличие процессов гранатизации жильных пород и карбонатизации серпентинитов является благоприятным поисковым признаком для месторождений хризотил-асбеста в массивах гипербазитов.

На геологических картах детальных масштабов должны быть показаны, хотя бы и с несоблюдением масштаба, участки с развитием указанных явлений среди массивов серпентинизированных гипербазитов.

Прямым поисковым признаком является наличие прожилков хризотил-асбеста среди серпентинитов и гипербазитов, которые надлежит показывать особым знаком на геологических картах масштаба 1 : 200 000 и более крупных.

В заключение необходимо напомнить, что серпентиниты, в том числе и асбестоносные, весьма трудно поддаются процессам выветривания и поэтому слагают возвышенные формы рельефа. Кроме того, как на самих серпентинитах, так и на происходящих из них почвах растительность или совершенно отсутствует, или необычайно убога. Указанные свойства серпентинитов могут быть с успехом использованы геологами при картировании серпентинитов, в том числе и асбестоносных.

Залежи хризотил-асбеста в карбонатных породах представляют собой, как известно, контактово-метасоматические образования, появление которых обусловлено внедрением в толщу карбонатных пород интрузии,

<sup>1</sup> «Курс месторождений полезных ископаемых», под ред. П. М. Татарникова и А. Г. Бетехтина, Госгостехиздат, 1946.

живных тел как кислого, так и основного состава (преимущественно). Карбонатные породы вблизи контакта с магматическими породами всегда перекристаллизованы и содержат серию контактовых минералов. Для различных месторождений указываются: диопсид, тремолит, гранат, скаполит и другие минералы. Особенно часто возникает диопсид, образующий иногда в известняках участки диопсидовой породы. Кроме этих контактовых минералов, в известняках наблюдается образование (около залежей асбестоносных серпентинитов) линз и полос офикальцита, представляющего собой смесь серпентина и кальцита.

Наблюдения на месторождениях этого типа показывают, однако, что серпентинизация и асбестообразование возникали исключительно в тех участках или прослоях известняков, которые являлись доломитизированными, т. е. содержали магнезию, необходимую для образования серпентина. Известняки же, свободные от магнезии, подвергались под влиянием гидротерм лишь более или менее интенсивному окремнению.

### 17. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ

Горный хрусталь и морион, употребляемые для изготовления пьезопластинок и оптических приборов, не должны иметь дефектов. Такими дефектами являются: трещины, свили, бразильские и дофинеийские двойники, включения посторонних тел, в том числе пузырьков газа и жидкости, мутины. Размеры совершенно бездефектной части кристалла, употребляемой для изготовления пластинки, должны быть не менее  $2 \times 2 \times 2$  см. Чем крупнее бездефектная область в кристалле, тем ценнее такой кристалл. В оптике применяются прозрачные бесцветные разности, образцы с дофинеийскими двойниками используются как монокристаллы.

Горный хрусталь и морион довольно широко распространены в природе, но промышленные месторождения горного хрусталя не столь многочисленны. Отечественные месторождения, а также месторождения зарубежных стран довольно разнообразны по своему происхождению.

Основные генетические типы месторождений горного хрусталя:

1. Пегматиты.
2. Альбито-кварцевые жилы.
3. Кварцевые и кварцево-карбонатные жилы.
4. Россыпные месторождения.

В некоторых районах устанавливается пространственная близость, а иногда и генетическая связь между всеми тремя типами коренных месторождений, хотя во многих районах хрусталеносные образования представлены либо типично пегматитовыми, либо только кварцевыми жилами.

**Пегматиты.** В общем балансе мировой добычи пьезокварца и оптического кварца пегматитовые месторождения играют подчиненную роль. Однако встречаются крупные промышленные месторождения пегматитового типа вблизи гранитных массивов, в зоне их внешнего или внутреннего контакта. Хрусталеносные образования известны в микроклин-слигокраз-топазо-берилловых, шерлово-мусковитовых, альбитовых пегматитах. Наиболее интересны топазо-берилловые пегматиты, образующие в одном из районов крупные штокообразные и реже жильные хрусталеносные тела. Хрусталеносные пегматиты локализуются на этом месторождении в зоне эндоконтакта докембрийских гранитов с более древними породами.

Хрусталеносные полости (гнезда и занорыши) располагаются обычно в линзообразных или неправильной формы кварцевых обособлениях пегматитовых тел. В полостях иногда встречаются в большом количестве крупные кристаллы мориона и горного хрусталя, часть которых оказывается пригодной для изготовления пьезокварцевых препаратов.

На некоторых месторождениях кристаллы мориона сохраняются в элювии и делювии, образуясь за счет полного или частичного разрушения пегматитовых тел.

**Альбито-кварцевые жилы.** Хрусталеносные жилы этого типа характеризуются наличием у зальбандов полевошпатовых альбитовых сторочек различной мощности, обычно меньшей, чем мощность кварцевой части жилы. В генетическом отношении они представляют как бы связующее звено между пегматитами и чисто кварцевыми жилами, приближаясь больше к последним.

Горный хрусталь из альбито-кварцевых жил некоторых месторождений отличается водянопрозрачностью и монокристалльностью, что позволяет использовать его в оптике и для пьезоизделий.

**Кварцевые и кварцево-карбонатные жилы.** Это наиболее распространенный тип хрусталеносных образований. К нему относится большинство месторождений Советского Союза и зарубежных стран (месторождения Бразилии, Мадагаскара и хрусталеносные образования Альп).

Морфологически выделяются следующие типы хрусталеносных тел: жилы и линзы (пластовые и секущие), сложные тела, штокверкоподобные образования, трубообразные тела, а также карманы, жеоды, минерализованные трещины, располагающиеся непосредственно во вмещающих породах, с небольшим количеством жильного кварца или без него (горный хрусталь здесь часто нарастает в виде друз на вмещающей породе).

Основным источником добычи пьезокварца в мировой практике являются кварцевые жилы, сложные жильные тела и штокверкоподобные образования.

Хрусталеносные полости располагаются в жилах в виде линз, имеющих общие элементы залегания с жилой, в камерных раздувах жил, на пересечениях кварцевых жил и прожилков. Жилы обычно сложены крупнокристаллическим белым или молочно-белым кварцем, приобретающим при приближении к хрусталеносной полости ясно выраженную шестоватую друзовидную текстуру. Шестоватость или гребенчатость кварца обычно перпендикулярна стенкам жильной трещины. Кварц является главным жильным минералом.

Минералогия месторождений, особенно в некоторых хрусталеносных районах, довольно различна. Характерно, что при большом списке минералов, встречающихся в жилах, количество их, исключая кварц и карбонаты, обычно незначительно. Для некоторых месторождений карбонаты (анкерит и кальцит) достигают равного количества с кварцем.

Однообразием и бедностью характеризуется минералогический состав месторождений Бразилии. Здесь, кроме жильного кварца и горного хрусталя, другие минералы встречаются в весьма незначительных количествах или в виде одиночных кристаллов. С другой стороны, всемирно известны по разнообразию минералов и по совершенству их кристаллографических форм месторождения Альп — так называемые жилы альпийского типа.

Характерной особенностью почти всех хрусталеносных жил описываемого типа является их безрудность; рудные минералы здесь никогда не образуют значительных скоплений, которые могли бы иметь какое-либо практическое значение. Исключение представляет месторождение Кингсдейт в Австралии, хрусталеносные полости (карманы и трубы) которого являются ответвлениями рудных тел, содержащих молибденит, вольфрамит, висмут, золото и серебро.

**Россыпные месторождения.** Россыпные месторождения играют существенную роль в общем балансе мировой добычи. Представлены они главным образом элювиально-делювиальными образованиями разработка которых нередко приводит к открытию коренного источника,

иногда неполностью разрушенного и еще представляющего практический интерес. Кристаллы из элювия в большинстве весьма слабо окатаны. Месторождения со значительно окатанными кристаллами и гальками встречаются сравнительно редко.

Нередко происходит естественное обогащение делювиальных россыпей, так как от кристаллов при переносе откалываются трещиноватые и неоднородные части и оставшиеся гальки оказываются уже более высококачественными.

Одним из важных поисковых признаков является связь пегматитовых и жильных месторождений горного хрусталя с кислыми интрузиями гранитоидного состава, т. е. расположение месторождений в районах развития кислых интрузивов. Месторождения горного хрусталя встречаются как в гранитных массивах, так и во вмещающих эти массивы породах. Иногда они отходят от гранитных массивов на большие расстояния и связь их с последними становится неясной.

Не наблюдается пространственная связь с интрузиями у жил альпийского типа в Альпах, и генетическая связь этих жил с магматическими проявлениями выдвигается исследователями в порядке гипотетических построений.

Очень важным, а для некоторых районов несомненно первым по важности поисковым признаком является преимущественная приуроченность хрусталеносных кварцевых жил к породам кварцевого или кварцево-полевошпатового состава. Это может быть объяснено тем, что гидротермы обогащаются кремнеземом за счет богатых кварцем вмещающих пород — кварцитов, песчаников, кислых кристаллических сланцев, гранитов и др. Видимо, существенную роль играет также то, что в таких породах легче возникают открытые трещины и полости, благоприятствующие свободному, не стесненному росту кристаллов горного хрусталя.

В связи с такой особенностью вмещающих пород иногда удается выделить толщи, занимающие определенное стратиграфическое положение, с которыми преимущественно связаны хрусталеносные кварцевые жилы. Такая закономерность ясно выражена в одном из хрусталеносных районов, где кварцевые жилы с горным хрусталем расположены в толщах кварцитов, что является в этом районе основным поисковым признаком. Более 80% месторождений другого района расположено в свите нижнего палеозоя, сложной песчаниками, кварцитами и кварцево-биотитовыми сланцами. На долю толщи мраморов и сланцев, лежащей на этих породах, хотя и широко распространенной в районе, приходится менее 10% месторождений, и те расположены вблизи нижней свиты. Встречаются, однако, районы, где подобная закономерность не так ясно выражена.

Структурные критерии, которые были бы общими для большинства или значительного числа хрусталеносных районов, установить трудно.

В некоторых районах характерна приуроченность большинства кварцевых жил к трещинам скола, закономерно располагающимся в антиклинальных складках второго и третьего порядков. Весьма важным поисковым критерием для других хрусталеносных районов являются разломы регионального характера, непосредственно в зонах которых или вблизи которых располагаются кварцевые жилы. Выделение таких ясно очерченных хрусталеносных зон облегчает поиски. Известны районы, где месторождения располагаются в зонах интенсивной трещиноватости кварцитов, но эти зоны не имеют регионального характера и прослеживаются не более чем на 0,5 км.

Следовательно, при поисках нужно обращать внимание на разломы, трещиноватые зоны, системы секущих трещин, секущие кварцевые жилы, поскольку в последних охотнее, чем в пластовых, располагаются полости с горным хрусталем, хотя в пластовых иногда встречаются такие же полости, и притом значительных размеров.

Кроме общих геологических предпосылок, необходимо учитывать прямые и косвенные поисковые признаки, имеющие более узкое, но не менее важное значение. Связь горного хрусталя с пегматитовыми и особенно с кварцевыми жилами, естественно, делает задачу их поисков первоочередной. Прямыми признаками являются находки обломков жильного кварца, особенно крупнокристаллического шестоватой друзо-видной текстуры, или наличие в жильном кварце пустот и ноздреватых структур.

Находки жильного кварца с жеодами, содержащими ограненные кристаллы кварца, или отдельных кристаллов кварца и тем более горного хрусталя ставят задачу поисков коренного месторождения или россыпи. Следует иметь в виду, что горный хрусталь на значительные расстояния от коренных источников, как правило, не переносится, так как при дальнейшем переносе хрупкий горный хрусталь дробится, а небольшая разница в удельном весе с окружающими породами не создает условий, благоприятных для концентрации галек.

В некоторых случаях удобно пользоваться геоморфологическими поисковыми признаками: кварцевые жилы часто создают положительные формы рельефа — своеобразные «гривки» среди наносов или под ними. Положительные формы рельефа в некоторых районах характерны для хрусталеносных свит кварцитов, а также для участков распространения кварцевых жил, вызвавших окварцевание вмещающих пород.

Поскольку кристаллизация горного хрусталя связана с наличием в жиле свободного пространства, при осмотре жил или неправильных жильных образований необходимо обращать внимание на трещины, пустоты, полости, погреба, пещеры и жеоды как в самих жилах, так и во вмещающих породах. Все это должно тщательно осматриваться и расчищаться.

Довольно часто отломанные от стенок кристаллы горного хрусталя оказываются погребенными на дне пещеры или погреба в глине, иногда с хлоритом, серицитом, железным блеском и гидроокислами железа, или в обломках жильного кварца и вмещающей породы.

Если в жиле с поверхности хрусталеносный погреб не обнаруживается, то косвенными признаками его возможного присутствия на некоторой глубине могут быть крупношестоватая текстура жильного кварца с хорошо выраженными кристаллами, скопление некоторых характерных минералов (например, хлорита, гидрослюд, а иногда железной слюдки) или характерная минерализация вмещающих пород (обильное появление хлорита или гидрослюдок), более интенсивная близ хрусталеносной полости, чем обычная у зальбанда жилы.

Карбонаты в кварцево-карбонатных жилах выделяются обычно позже жильного кварца и позже горного хрусталя или одновременно с ним, а потому они выполняют оставшиеся пустые пространства. Следовательно, скопление карбонатов в жиле является косвенным признаком возможного нахождения гнезд с горным хрусталем.

Вполне понятно, что отмеченные поисковые признаки указывают на возможное, а не обязательное присутствие горного хрусталя. Например, наличие или отсутствие в жиле кварца шестоватой текстуры или скоплений карбоната не всегда говорит о присутствии или отсутствии хрусталеносной полости на глубине: структура и текстура кварца нередко меняется в пределах одной жилы по простиранию и на глубину.

## 18. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФЛЮОРИТА

Все промышленные месторождения флюорита принадлежат к гидротермальному типу.

Месторождения флюорита находятся или среди алюмосиликатных пород с заметным содержанием известкового полевого шпата (граниты, порфиры, порфириты и аркозовые песчаники), или среди существенно-

кальцитовых осадочных пород — известняков. Общие запасы флюорита в месторождениях, залегающих в тех и других породах, распределяются приблизительно поровну. Нередко месторождения располагаются вдоль даек кислых и средних по составу магматических пород, пересекающих обе вышеуказанные группы вмещающих пород, или в контактах известняков и вышележащих толщ аркозовых песчаников и глинистых сланцев. В прямой зависимости от характера вмещающих пород находятся форма и строение рудных тел и в значительной мере минералогический состав руды.

В алюмосиликатных породах рудные тела приурочены главным образом к трещинам сбросов и разрывов в крыльях складок, а также к разломам по плоскостям соприкосновения пород различного состава. Соответственно этому рудные тела обычно имеют форму простых и сложных жил со значительной концентрацией флюорита в руде.

Около рудных залежей алюмосиликатные породы бывают значительно изменены. Характерные изменения — каолинизация и серицитизация полевых шпатов с одновременным обогащением породы вторичным кварцем и халцедоном. Реже наблюдаются вторичные флюорит, пирит, хлорит и карбонаты. Состав руд в месторождениях этой группы сравнительно прост и близок к мономинеральному: кроме флюорита, обычно присутствуют кварц, халцедон и кристаллический каолинит, реже барит и пирит; другие сульфиды, равно как и адуляр, очень редки.

Месторождения, приуроченные к карбонатным породам, вследствие более легкой и полной растворимости этих пород рудными растворами отличаются сложной формой залежей и значительно более пестрым составом руд, с более низким содержанием флюорита, чем в месторождениях первой группы. Форма рудных тел меняется здесь от гнезд, карманов и линз до пластообразных залежей, причем последние обычно располагаются в контактах известняков и вышележащих глинистых сланцев, особенно в замках антиклинальных складок. Однако и здесь довольно обычна приуроченность рудных залежей к сбросам, надвигам и другим тектоническим нарушениям.

Карбонатные породы около рудных тел иногда не несут никаких следов изменения (кроме увеличения крупности зерна и появления вкрапленности флюорита). В тех случаях, когда залежи флюорита располагаются в контактах известняков и алюмосиликатных пород, известняки подвергаются окварцеванию и иногда полностью преобразованию в породы, состоящие нацело из кварца или халцедона, с вкрапленностью флюорита или без нее. Состав руд в месторождениях этой группы более сложен. Наряду с флюоритом в переменных количествах присутствуют кальцит и кварц, иногда также барит. Эти руды богаче сульфидами (цинка, свинца, меди, железа, сурьмы, мышьяка и ртути), хотя и здесь сульфиды редко встречаются в промышленном количестве.

Материнскими для месторождений флюорита обычно являются кислые — гранитные, значительно реже нефелино- и щелочно-сиенитовые магмы. Но, если в одних флюоритовых районах (например, Восточное Забайкалье) месторождения залегают или в самих гранитах, или около них на расстоянии не более 6—8 км, то в других районах интрузивные породы вообще неизвестны или представлены лишь дайковой фацией.

Следует отметить, что если обычный флюорит резко бросается в глаза своей яркой окраской, то иногда он имеет белый цвет и по этому признаку очень сходен с кальцитом или каолинитом.

## 19. МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАРИТА И ВИТЕРИТА

Барит и витерит встречаются в промышленных месторождениях следующих генетических типов: 1) гидротермальных, 2) выветривания (элювиальные россыпи) и 3) осадочных (единственное пирито-баритовое

месторождение — Мегген в Германии). Главным источником добычи обоих минералов являются месторождения первого типа. Образующиеся из них элювиальные россыпи, представленные глинами с глыбами и обломками барита и кварца, редко имеют промышленное значение.

Гидротермальные месторождения в алюмосиликатных породах обычно имеют форму жил, линз и брекчированных зон, в карбонатных породах их форма неправильна и весьма разнообразна. По составу руд можно различать две группы месторождений: 1) собственно баритовитеритовые, где руды состоят главным образом из барита, реже витерита с подчиненными кварцем, карбонатом, редко флюоритом, при незначительном содержании сульфидов железа, меди, свинца, цинка и др.; 2) комплексные барито-медноколчеданные и барито-полиметаллические, в которых содержание указанных цветных и иногда наряду с ними драгоценных металлов достигает промышленного значения. Для второй группы месторождений поисковые признаки те же, что и для медных и полиметаллических месторождений (см. выше).

Несмотря на значительные химическую стойкость и удельный вес, вследствие низкой твердости и совершенной спайности барит при размещении элювия вниз по склону быстро распыляется, почему промышленные элювиальные и аллювиальные россыпей не образует. По той же причине отсутствие барита в шлихах не может служить противопоказанием возможного нахождения поблизости коренных месторождений.

Последние расположены в складчатых районах с резкими проявлениями разрывных нарушений: баритовые жилы выполняют трещины сбросов, сбросо-сдвигов, часто небольшой амплитуды. Интрузивные породы, с которыми генетически могут быть связаны месторождения, в одних районах присутствуют, в других они вообще неизвестны или проявляются лишь в форме даек.

Залегают месторождения или среди существенно полевошпатовых пород — гранитов, кварцевых порфиров, порфиритов, туфов, туфопесчаников и песчаников, или среди известняков и доломитов. В отдельных районах наблюдается приуроченность подавляющего большинства месторождений к вмещающим породам определенного возраста и состава, например к порфирито-туфовой толще байоса (95% всех месторождений Грузии), к песчаникам нижнего апта и альба (все месторождения Западного Копет-Дага).

Окислительные изменения полевошпатовых боковых пород выражаются в каолинизации пород и иногда в обогащении их вторичным кварцем, в карбонатных породах нередко наблюдаются доломитизация и появление вкрапленности сульфидов, реже флюоритизация и окварцевание.

## 20. МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОКСИТОВ

Месторождения бокситов делятся на элювиальные и осадочные. Первые представляют собой продукт латеритного выветривания различных изверженных и метаморфических пород. Вторые возникают в результате отложения коллоидных осадков сложного состава.

Для месторождений элювиальных бокситов — латеритов характерно следующее:

1. Месторождения приурочены к районам развития древней или современной латеритной коры выветривания.

2. Геологический разрез месторождения имеет характер латеритного профиля, состоящего из следующих зон (снизу вверх): неизменных материнских пород, зоны разложенных (каолинизированных) материнских пород, зоны обогащения (пористого, рыхлого или плотного латерита), железистой зоны (красные и желтые железистые глинистые породы

или сланцы). Верхняя зона может отсутствовать вследствие позднейшего размыва или превратиться в каолиновые породы (в случае перекрытия угленосными отложениями).

3. В кровле бокситов залегают песчано-глинистые породы, иногда угленосные.

4. Форма залегания бокситов неправильная, с карманообразной нижней границей.

5. Пласты бокситов имеют небольшую (несколько метров) мощность, незначительную (десятки, сотни метров) протяженность, широкую площадь распространения.

6. Бокситы имеют вид крепких глинистых пород с колломорфными структурами (оолитовой, гелевой) и с реликтами структур и текстур материнских пород. Окраска не характерна, но обычны красные и желтые тона.

7. В складчатых областях бокситы дислоцированы и метаморфизованы. В этих случаях они напоминают по внешнему виду сланцы, эффузивы и туфы.

Среди многочисленных месторождений бокситов, найденных на территории СССР, пока не известно ни одного достоверно относящегося к латеритовому типу. По данным советских геологов, все они являются типично осадочными образованиями. Среди последних различают месторождения геосинклинального (прибрежно-морские, лагунные бокситы) и платформенного (континентальные бокситы — озерные, долинные и в углублениях древнего карста) типов.

Для прибрежно-морских (лагунных) бокситов характерно следующее:

1. Бокситы приурочены к областям геосинклиналей.

2. Бокситы находятся среди мощных толщ карбонатных пород в основании залегающих трансгрессивно прибрежно-морских и лагунных свит.

3. В накоплении осадков, предшествующих образованию бокситов, имеется перерыв.

4. Поверхность подстилающих известняков неровная: размыва и закарстована. Иногда в подошве бокситовой залежи присутствует брекчия, состоящая из обломков известняков, сцементированных бокситом. В кровле бокситов залегают известняки или несоленосные песчано-глинистые отложения. Переход к породам кровли постепенный.

5. Форма залегания пластовая и линзообразная.

6. Мощность пластов боксита большая (до 25 м), протяженность их тоже значительная (до нескольких километров).

7. Окраска преимущественно красная, коричнево-красная, темносерая или зелено-серая различных оттенков.

8. Бокситы имеют вид крепких глинистых пород, иногда железных руд с колломорфными структурами (оолитовыми, яшмовидными). Они сходны с аргиллитами, глинистыми сланцами, яшмами, бобовыми железными и лептохлоритовыми рудами.

В нижних частях рудного пласта, как правило, залегают красные землистые бокситы, иногда яшмовидные, в верхних частях — зеленые и серые. Минералогический состав руд: диаспор или бёмит, гётит, гидрогётит, реже гематит (красные разновидности бокситов) или минералы из группы лептохлоритов (зеленые разновидности).

Фациально бокситы могут сменяться плотными камневидными железисто-каолиновыми породами или бобовыми железняками шамозитового или гематитового состава.

Для континентальных бокситов (озерных, долинных и в углублениях древнего карста) характерно следующее:

1. Бокситовые горизонты приурочены к платформенным областям.

2. Бокситы залегают на размывтой и закарстованной (в случае известняков) поверхности более древних, иногда складчатых толщ в осно-

вании трансгрессивных континентальных свит, образованию которых предшествовал длительный континентальный перерыв.

3. Бокситы перекрываются пестроцветными песчано-глинистыми толщами, несоленосными, а иногда угленосными.

4. Форма рудных тел разнообразна и зависит от рельефа дорудных впадин. Различают долинные, котловинные (озерные) и карстовые месторождения. Для месторождений долинного типа характерны вытянутые пластообразные рудные тела, для котловинного типа — неправильно линзообразные залежи различных размеров и форм. Наиболее сложную и неправильную форму имеют карстовые месторождения. Последние в результате карстовых просадок могут давать даже столбообразные рудные тела.

5. Мощность и протяженность незначительные по сравнению с лагунными бокситами.

6. Окраска преимущественно красная и коричневая различных оттенков, но встречается белая, розовая и др.

7. Структуры колломорфные — оолитовая, пизолитовая или однородная гелевая; текстуры — плотная, камнеподобная, ноздреватая, ячеистая, столбчатая, пятнистая, реже рыхлая мучнистая.

8. Бокситы сходны с глинами типа сухарей, аргиллитами, оолитовыми железными рудами, рыхлыми мучнистыми разновидностями известняков и доломитов. Недислоцированные мезозойские и кайнозойские бокситы состоят исключительно из трехводного глинозема (гидраргиллита), и только в месторождениях палеозойского возраста и дислоцированных мезозойских рудах появляются одноводные гидраты — бёмит и диаспор. Минералы железа в основном представлены гидрогематитом, реже лептохлоритом и сидеритом (в зеленых и серых разновидностях).

9. Бокситоносные толщи содержат слои углей, огнеупорных глин, галлуазитовых, аллофановых пород. В некоторых районах наблюдается фациальный переход бокситоносных отложений, слагающих обычно краевую часть серии, в угленосные отложения.

Итак, первой предпосылкой для поисков бокситов является факт существования данной территории в тот или иной геологический период в условиях влажного тропического или умеренного климата, поскольку именно в этом климате происходит образование большого количества коллоидных и химических растворов глинозема, дающих начало бокситам.

При этом наиболее вероятно нахождение бокситов в тех горизонтах возможных продуктивных толщ, образование которых связано с последними и реже с начальными этапами развития крупных складчатых движений.

Поисковые признаки для месторождений бокситов различного генезиса могут быть сформулированы следующим образом.

**Бокситы-латериты:**

1. Наличие каолинизированных изверженных и метаморфических пород, а также элювиальных образований. Это указывает на возможное здесь присутствие древней латеритной коры выветривания, с которой могут быть связаны месторождения бокситов.

2. Наличие континентальных перерывов и несогласное залегание песчано-глинистых континентальных, особенно угленосных отложений на выветрелых древних метаморфических и изверженных породах. Как известно, ископаемые латериты перекрыты именно такими отложениями. При полевых работах надлежит тщательно изучать контакты пород, соответствующие перерывам в отложении.

3. Наличие полного латеритного профиля или его части в геологическом разрезе коры выветривания.

4. Оолитовые и гелевые структуры пород коры выветривания.

5. Неправильная карманообразная форма залегания горизонтов древней коры выветривания.

6. Присутствие спутников бокситов-латеритов — каолиновых пород и углей; первые лежат стратиграфически ниже бокситов, вторые — выше.

#### Лагунные бокситы:

1. Наличие перерывов среди карбонатных морских осадков и трансгрессивное залегание на известняках красноцветных и пестроцветных лагунных отложений.

2. Размытая и закарстованная поверхность известняков, на которых покоится трансгрессивная серия.

3. Присутствие бокситовой брекчии.

4. Оолитовые и яшмовидные структуры пород трансгрессивной серии и их сходство со сланцами, железными рудами.

5. Красная, желтая, красно-бурая, темносерая, черная окраска оолитовых камнеподобных глинистых пород.

6. Присутствие железных и лептохлоритовых руд.

7. Присутствие в качестве вторичных минералов корунда и диаспора в породах трансгрессивной серии.

#### Континентальные бокситы:

1. Присутствие в разрезе района континентальных красноцветных отложений, залегающих с размывом на более древних породах.

2. Окраска (красная, бурая, белая, розовая) камнеподобных пород с пелитовой или гелевой структурой и пористой или плотной текстурой.

3. Спутники — огнеупорные глины, угли.

4. Отрицательные поисковые признаки — присутствие в красноцветных континентальных отложениях солей, гипсов и грубообломочных пород.

## 21. МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ

Близость между различными природными солями по химическим и физическим свойствам, геологическим условиям нахождения и генезису и связь соляных залежей с определенными литологическими типами осадков позволяют объединить поисковые признаки для определенной группы солей, а именно для поваренной соли, калиевых и магниевых солей, сульфата натрия и соды.

По возрасту месторождения солей принято разделять на две группы: 1) современные, образованные в одну из прежних эпох или в современную эпоху четвертичного периода, и 2) древние (ископаемые), возникшие в прошлые геологические периоды.

Соли первой группы заключены в растворе (рапе) соляных озер, морских лагун и пр., а также грунтовых вод, источников и в твердых залежах на дне соляных водоемов. Соли второй группы, как правило, погребенные под толщей более молодых отложений, либо слагают компактные твердые залежи, либо рассеяны в виде включений в горных породах.

Современные соляные месторождения. На территории СССР они приурочены к так называемому соляному поясу, протягивающемуся от нижнего течения Дуная на западе до Забайкалья и уходящему далее на восток.

Пояс располагается в зонах сухих степей, полупустынь и пустынь. Преимущественно равнинный рельеф, наряду с климатическими условиями, способствует образованию внутри этого пояса многочисленных бессточных котловин и впадин, значительная часть которых занята соляными озерами.

Соляной пояс является областью, где имеет смысл проводить поиски современных соляных месторождений, руководствуясь при этом следующими признаками.

Косвенными признаками для поисков могут служить соляные выцветы, карст и отсутствие растительности или растительность, приспособившаяся к условиям засоления почвы. Эти признаки приложимы главным образом к погребенным современным залежам, так называемым подпесочным.

Прямыми поисковыми признаками могут служить: соленость водоемов, выходы соляных источников и обнажение солей на площади озер.

Основное значение имеют первый признак, позволяющий не только непосредственно «на вкус» установить соленость воды, но и химически определить солевой состав рапы, а также наметить пути кристаллизации из нее солей, что важно для практических целей. Этот признак, однако, не вполне пригоден для поисков донных залежей соли. Далеко не все соляные озера имеют залежи солей на дне, и, кроме того, состав рапы часто не соответствует солевому составу донных залежей. Для поисков последних всегда приходится прибегать к разведочным работам.

Выходы соляных источников используются главным образом при поисках ископаемых залежей; при поисках современных месторождений они имеют ограниченное значение.

Обнажение солей на площади озера — вполне понятный поисковый признак, не требующий пояснения. Летом, когда большинство соляных озер пересыхает, с далекого расстояния можно установить наличие соляного озера по белоснежному ковру выпавших из рапы солей.

Ископаемые месторождения солей. Основной предпосылкой для поисков ископаемых соляных залежей является широкое развитие соленосных фаций и повышенная соленосность отложений того или иного возраста.

Главнейшие соляные месторождения СССР связаны с третичными, юрскими, пермскими и кембрийскими отложениями, отчасти девонскими и предположительно силурийскими. В меловых, триасовых и каменноугольных отложениях СССР соляные залежи не известны. Эти положения могут служить общей предпосылкой для поисков ископаемых солей в той или иной области СССР, с учетом условий ее геологического развития.

Формирование основной массы ископаемых галогенных осадков происходило в бассейнах, так или иначе связанных с морем. Значительно реже встречаются ископаемые залежи солей континентального генезиса. Они совершенно отсутствуют среди отложений открытого моря. Поэтому фациальный анализ осадочных толщ и выяснение палеогеографических условий их формирования совершенно необходимы при поисках ископаемых солей.

Структурно-геологические предпосылки поисков тесно связаны с палеогеографическими. В прежние геологические эпохи толщи галогенных пород, а также соляные залежи образовывались при наличии соответствующей климатической обстановки в областях с заверренным или почти заверренным складкообразованием и приурочивались к таким структурам, как предгорные прогибы, краевые впадины и синеклизы платформ. Поэтому указанные структуры могут рассматриваться как благоприятные предпосылки для поисков ископаемых солей.

Косвенными литологическими признаками ископаемых солей могут служить гипсовые и ангидритовые породы, постоянные и почти обязательные спутники ископаемых соляных залежей, являющиеся нередко краевыми фациями соленосных отложений, а также слагающие кровли соляных залежей.

Особенности вещественного состава соленосных глин, которые, как правило, сопровождают соляные залежи, позволяют выделять галогенные фации и устанавливать генезис самих глинистых пород.

Характерно для галогенных фаций также наличие в карбонатно-глинистых породах таких минералов, как магнезит, осадочный флюорит, целестин.

Косвенным признаком присутствия соляных пород являются своеобразные структуры типа соляных куполов. Обнаружение подобных структур при геологической съемке, геофизических исследованиях или какими-либо другими методами позволяет предполагать наличие в данном пункте накопления солей, если, конечно, с этим согласуются прочие геологические предпосылки.

Вблизи от дневной поверхности соляные породы подвергаются выщелачиванию. В них развивается карст, проявляющийся в виде разнообразных провалов, воронок, опусканий и тому подобных форм. Такие карстовые образования необходимо учитывать при поисках ископаемых соляных залежей.

Основное и нередко решающее значение при поисках ископаемых солей имеет обнаружение соляных источников, подземных соленых вод, соляных речек, ручьев и озер, питающихся подземными солеными водами, выцветов и налетов солей, образующихся около выходов соляных источников.

Гидрогеологические признаки должны дополняться данными о химическом составе вод и рассолов. Гидрохимические исследования позволяют судить о составе тех соляных залежей или соленосных толщ, из которых подземные воды заимствуют соли. Для оценки гидрохимических данных разработан ряд коэффициентов, основанных на соотношении в растворе различных компонентов:

$$\frac{K \cdot 10^3}{\Sigma \text{ солей}}, \frac{K \cdot 10^3}{Cl}, \frac{Mg \cdot 10^3}{Cl}, \frac{Cl}{Br}, \frac{Ca}{Sr}$$

и др. Определенные величины этих коэффициентов могут говорить о генезисе засоления данного водоносного горизонта, о наличии в недрах калийных или магниевых солей и т. п.

Выходы соляных залежей на поверхность земли, понятно, следует рассматривать как прямое указание на возможность нахождения в данном районе соляных месторождений. На территории СССР выходы соляных залежей на поверхность имеются в ряде районов Средней Азии, в Якутской АССР, на Крайнем Севере и в Закарпатской области. Выходы на поверхность соленосных пород, которые встречаются значительно чаще, также являются прямыми поисковыми признаками для соляных залежей.

## 22. МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОРНОГО СЫРЬЯ

На территории Советского Союза борное сырье представлено: 1) борсодержащими гязями, 2) датолито-гранатовыми и кварцево-турмалиновыми породами, 3) боратами. Повышенное содержание бора обнаруживается также в рапе некоторых соляных озер.

Поисковым признаком для месторождений первого типа служит прежде всего наличие сопки грязевых вулканов и продуктов их деятельности — грязевых выбросов. В пределах распространения последних среди залежей грязи встречаются отдельные вкрапления, выцветы и скопления буры, а также иногда улексита. Бура присутствует также в водах источников и подземных горизонтов, связанных с толщами грязевых отложений. Поэтому необходимо при определении перспектив района производить опробование на бор гязей и вод источников.

Поисковым признаком для месторождений второго типа является развитие скарнов, т. е. проявление пневматолитовых или высокотемпературных гидротермальных процессов в данном районе. При геологической съемке распространение этих пород нужно отмечать на карте. Следует заметить, что в настоящее время эти типы месторождений в СССР и за рубежом имеют небольшое практическое значение.

Известное в Казахстане месторождение боратов связано с гипсовой толщей, которая представляет собой гипсовую шляпу над вершиной соляного тела, образующего ядро солянокупольной структуры. Этот тип месторождений в других частях света неизвестен. Поисковыми признаками для третьего типа служат:

1. Выходы красных бороносных глин на дневную поверхность в более или менее сложных тектонических условиях. В глинах обнаруживаются вкрапленность и мелкие гнезда различных боратов, главным образом гидробората, с которым нередко ассоциирует гипс.

2. Выходы на поверхность боратовых рудных тел среди гипсовых пород, преимущественно среди серых гипсов.

3. Выходы серых глин, с которыми часто ассоциируют скопления боратов, главным образом улексита.

4. Наличие в гипсовых породах слоев и гнезд карбонатных пород, главным образом известняков и доломитизированных известняков. Карбонатные породы представляют собой продукт метаморфизации боратов, главным образом в зоне выходов последних на поверхность, под воздействием поверхностных агентов — воды и углекислоты. В более глубоких горизонтах под карбонатной шляпой могут быть обнаружены залежи боратов, не подвергшихся метаморфизации.

5. Поля, лишенные растительного покрова. Растительность над скоплениями боратов, повидимому, отмирает вследствие воздействия на нее восходящих растворов, обогащенных бором.

6. Источники, в воде которых содержится бор.

Поисковые признаки на соляные озера рассмотрены выше.

## 23. МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕРЫ

Сера, имея большую химическую активность в поверхностных зонах земной коры и обладая чрезвычайно большой подвижностью, образует в связи с этим месторождения различных генетических типов: 1) в зоне окисления сульфидных месторождений; 2) путем выделения из сероводородных источников; 3) осадочные и 4) вулканогенные.

Известные в СССР промышленные месторождения серы относятся в основном к третьему типу. В свою очередь месторождения этого типа делятся на сингенетические (распыленная сера средневожжских залежей и др.) и эпигенетические.

Исследования показывают, что промышленные серные залежи всегда носят следы переотложения первичной серы, независимо от того, сингенетична она или эпигенетична по отношению к вмещающим породам. Переотложение вызывается изменением физико-химических условий, происходящим под влиянием различных геологических причин.

Наблюдаются случаи наложения различных процессов серонакопления, например на Средней Волге, где в толщу пород, содержащих сингенетичную серу, поступила сильно сернистая нефть, что вызвало здесь переотложение серы и образование крупнокристаллической серной руды с вторичными кальцитом и гипсом.

В серных месторождениях обязательно наличие нескольких генераций рудообразующих минералов (сера, кальцит, гипс, ангидрит, целестин, халцедон), при этом наибольшее количество генераций дают сера, кальцит и гипс. Сера бывает заключена в породах в мелко распыленном состоянии или в виде равномерно распределенных горошин, линз различных размеров, обычно согласных напластованию породы, в виде неправильных включений, в той или иной степени насыщающих породу, а также в виде жеод и пр.

При перекристаллизации серных руд сероносная порода часто сохраняет свою первичную текстуру (рисунок слоистости), несмотря на деформации, возникающие при перекристаллизации.

При выходе сероносных пород на поверхность происходит сернокислотное выветривание их с образованием шляпы серного месторождения. В зоне окисления развиваются сложные гидратные соли серной кислоты типа квасцов, вторичный гипс, разрушается алюмосиликатное ядро соответствующих минералов вмещающей породы, происходит вынос присутствующих в породе металлов и щелочей, обуславливающий ее осветление. В непосредственной близости от шляпы серного месторождения происходит отложение сульфурита, гидротроилита и других минеральных образований, являющихся результатом биогенных процессов преобразования сероводорода при его избытке.

Основными геологическими предпосылками для нахождения месторождений серы осадочного происхождения являются:

1. Наличие лагунных соленосных отложений и тем более залежей галоидных солей, связанных с определенными стратиграфическими горизонтами.

2. Нефтеносность с типичными для нее формами геологических структур, начиная от пологих (однако осложненных тектоническими разрывами) и вплоть до диапировых структур включительно.

3. Длительность активного гидрогеологического режима.

К числу признаков, позволяющих выделить район, благоприятный для поисков серных месторождений, относятся:

1. Синий цвет вмещающих пород в невыветрелом состоянии (как признак избытка сероводорода или закисной среды) или резкое изменение цвета пород в бурый при выходе их на поверхность (как признак окисления закисных и сернистых соединений) и образование в последнем случае самородной серы.

2. Присутствие сероводородных источников и газопроявлений как признак избыточного количества сероводорода в тех или иных геологических образованиях.

3. Нефтеносность асфальтеновая как признак присутствия нефтей, богатых сернистыми соединениями, и растворенной в них самородной серы.

4. Кальцитизация и окремнение осадочных толщ как явления, сопутствующие образованию вторичных серных руд.

5. Наличие вторичных минералов серных руд (кальцита, целестина, гипса, халцедона) в нескольких генерациях как признак неоднократного изменения физико-химических условий образования вторичных серных руд.

6. Оквасцевание (алунитизация) и осветление пород при выходе их на поверхность как результат сильного сернокислотного выветривания (образование квасцовой шляпы серного месторождения). При этом в породах наблюдаются реликтовые участки, сохранившие сложение и структуру свежих серных руд и вмещающих пород. В некоторых случаях (Сицилия, Гаурдак) промышленные месторождения серы определяются по характеру квасцовой шляпы, сложенной сыпучкой из алунитоподобных минералов и каолинизированных веществ.

7. Находки мономинеральных скоплений серы.

На геологических картах при поисках серных месторождений следует отмечать:

1. Площадь развития лагунных фаций и благоприятные геологические структуры (куполообразные складки, диапировые поднятия и др.).

2. Выходы вторичных гипсов.

3. Микрокарст, а также другие карстопроявления современного и древнего гидрогеологического режима.

4. Выходы сернистых вод, газов и нефтепродуктов.

5. Проявления алунитизации.

6. Проявления сернокислотного выветривания, характер шляпы и ее конфигурацию.

7. Выходы осветленных пород, а также пород светлосиней окраски.

8. Места находок самородной серы.

## 24. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ

В производстве поисков месторождений ископаемых углей может быть выделено два этапа: 1) поиски угленосных толщ, 2) поиски угольных залежей промышленного значения. На первом этапе поиски могут быть названы перспективными, на втором — детальными. Задачи перспективных поисков, как правило, целиком должны быть исчерпаны в процессе геологической съемки масштабов 1 : 500 000, 1 : 200 000 и крупнее.

Успешность перспективных поисков углей зависит от знания и правильного учета общих геологических предпосылок возможной угленосности в изучаемом районе. Детальные поиски, т. е. выявление конкретных угольных залежей и установление их промышленного значения, требуют проведения горно-буровых и опробовательских работ, которые, кроме общих геологических предпосылок, должны быть основаны на частных поисковых признаках, на умении правильно учесть эти признаки при общей оценке месторождения. На практике при геологической съемке оба указанных этапа поисков в значительной мере сливаются, особенно в хорошо обнаженных угленосных бассейнах.

В качестве основных предпосылок для поисков угленосных толщ могут быть указаны следующие:

1. Приуроченность угленосных толщ в каждом районе к определенным стратиграфическим подразделениям.

2. Особенности литологии угленосных отложений.

3. Региональный характер процессов угленакопления и углеобразования.

4. Зональная закономерность в изменении качества углей, литологии и условий залегания угленосных толщ.

Совершенно очевидно, что для каждого района закономерная приуроченность угленосных отложений к определенным частям стратиграфического разреза имеет существенное поисковое значение. По геологической карте благодаря этой закономерности могут быть определены площади возможного распространения угленосных отложений. В полуоткрытых и закрытых бассейнах должны быть приняты во внимание структурные построения для обоснования возможного распространения угленосных толщ на глубине.

Для выделения угленосных отложений среди толщи безугольных пород решающее значение имеет литология, о чем уже говорилось.

При рассмотрении геологических предпосылок для поисков ископаемых углей нельзя упустить из вида, что углеобразование — явление регионального порядка. Отсюда следует, что, встретив угленосную толщу в данном месте, мы всегда должны ожидать встретить ее при соответствующих геологических структурах на близлежащих площадях. При этом надо иметь в виду и другую закономерность угленосных образований: региональную изменчивость толщи в зависимости от того, в какой геотектонической зоне находятся изучаемые разрезы, — в геосинклинали или на платформе.

Для угленосной толщи платформенной зоны характерны: 1) малая мощность (десятки метров); 2) линзообразный характер залегания пород, слагающих угленосную толщу, неясная слоистость ее строения, постепенные переходы от одних пород к другим как по простиранию, так и по падению; 3) небольшое количество угольных залежей в вертикаль-

ном разрезе угленосной толщи (количество отдельных залежей исчисляется единицами); 4) слабая степень диагенеза пород угленосной толщи (пески и глины или слабо сцементированные песчаники, алевролиты и аргиллиты с средним удельным весом 2,0—2,2); 5) отсутствие складчатых форм дислокаций; 6) отсутствие, как правило, проявлений магматической деятельности (исключение — Тунгусский бассейн); 7) слабая степень изменения углей (угли буре).

Для угленосной толщи геосинклинальной зоны характерны: 1) значительная мощность (тысячи метров); 2) пластовая форма залегания пород, слагающих угленосную толщу, отчетливая слоистость ее строения, резкие контакты между отдельными пластами; 3) большое количество угольных пластов (залежей) в вертикальном разрезе угленосной толщи (десятки и даже сотни); 4) значительная уплотненность пород (плотные, крепкие песчаники, алевролиты, аргиллиты до песчаных и глинистых сланцев с средним удельным весом 2,4—2,7); 5) линейный характер складчатых дислокаций и наличие разрывов надвигового типа; 6) в ряде случаев интенсивное развитие магматической деятельности; 7) высокая степень метаморфизма углей (угли каменные и антрациты).

Между указанными крайними генетическими типами угленосной толщи может быть выделен переходный тип, который территориально располагается в зоне перехода от платформы к геосинклинали.

Геосинклинальная зона может быть разбита на две подзоны — периферийную и центральную. Различие в характеристике угленосной толщи этих более дробных зон, естественно, выражено менее четко вследствие постепенности изменения геологического строения угленосного бассейна от платформы к геосинклинали. Конечно, повторение осадконакопления в последующие периоды, наложение новых фаз складчатости и магматизма, а также явления разрушения бассейнов могут существенно изменить и исказить картину. От крупных угленосных площадей и бассейнов могут остаться отдельные месторождения, генетические зоны бассейнов могут относительно сместиться, позднейшая магматическая деятельность может исказить закономерность изменения качества углей и т. д.

Тем не менее указанные генетические особенности и закономерности в строении угленосных бассейнов должны быть учтены при оценке перспектив отдельных районов.

Все прямые поисковые признаки необходимо уметь наблюдать и распознавать при геологическом картировании, так как они дают указания для непосредственного открытия угольных месторождений.

По степени достоверности прямые поисковые признаки располагаются в следующем порядке: выходы угля, сажи, меловки, куски угля, шламы, горелые породы, выходы углистых сланцев и тонких прослоев угля, кучерявчики.

Выходы угля на поверхность в неизменном выветриванием виде, конечно, с несомненностью указывают на наличие угольного пласта, но они наблюдаются довольно редко. Даже в странах с молодым рельефом и весьма небольшой глубиной зоны окисления уголь на выходах преобладает заметные изменения.

По своим физическим свойствам уголь не выдерживает дальнего переноса водой. Поэтому находка кусков угля в аллювии реки может служить указанием, что где-нибудь поблизости имеется коренной выход угольного пласта. Здесь надо оговориться, что обломки некоторых более вязких углей, в частности сапропелитов, могут переноситься на десятки километров.

Угольный шлам иногда выносится из подземных источников. Это также указывает на близость выхода пласта. На водораздельных пространствах, прикрытых наносами, куски угля и угольная сажа находятся в выбросах из нор сусликов, в кроговинах и т. п. Такие признаки указывают на места выходов угля под наносами. В таежных местностях

аналогичные указания можно находить в вывороченных корнях больших деревьев.

Иногда на выходах угольных пластов сохраняются пласты кучерявчиков. Однако надо заметить, что часто слои кучерявчиков не сопровождаются угольными пластами, как и угольные пласты встречаются без кучерявчиков.

Кучерявчиком называют неслоистую глинистую или алевролитовую породу, пронизанную остатками корневых придатков болотных растений. Эту породу рассматривают как ископаемую почву растений, образовавших торфяник, т. е. материнское вещество для пласта угля. Таким образом, типичный кучерявчик указывает на существование условий, благоприятных для накопления вещества, исходного для угольного пласта.

В некоторых районах прямым признаком углей являются так называемые горелые породы — боковые породы угольных пластов, измененные под влиянием подземных пожаров углей. Среди других пород угленосной толщи горелые породы выделяются своим цветом (красные и палевые тона обожженных камней). Отличаясь повышенной прочностью, горелые породы иногда резко выступают в рельефе местности в виде грядок и сопок.

Пласты углистых сланцев и тонких прослоев, линз, включений угля указывают на то, что процесс угленакопления не получил должного развития из-за отсутствия надлежащих условий, но такой процесс мог быть более полно развит на соседней площади или в течение какого-то другого периода времени. Другими словами, это скорее признак угленосности отложений, нежели признак для поисков конкретных угольных пластов. Вместе с тем, имея в виду известную изменчивость угольных пластов, прослеживание указанных образований желательно, так как оно может привести к действительным угольным пластам.

## 25. МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА<sup>1</sup>

Поисковые признаки для нефтегазоносных районов можно разделить на три основные группы: 1) связанные с выходами нефти или нефтеносных пород на дневную поверхность; 2) связанные с геологической обстановкой; 3) связанные с геохимической обстановкой. Геологическая обстановка в нефтегазоносных районах характеризуется наличием:

1. Нефтегазоносной свиты.
2. Пластов (коллекторов) в этой свите, которые могут питать скважину нефтью и газом.
3. Непроницаемых слоев, покрывающих и предохраняющих залежи от естественного истощения или разрушения.
4. Ловушек, представляющих собой резервуары для скопления нефти и газа. Ловушки могут быть: 1) структурные — связанные с определенными структурными формами (антиклинальные складки, залежи, запечатанные поверхностью сбросов или надвигов); 2) стратиграфические — связанные с условиями отложения пластов (например, выклинивание пластов или перекрытие их вследствие несогласного залегания вышележащих слоев); 3) литологические — связанные с неодинаковой проницаемостью различных участков одного и того же пласта.

Установить присутствие газо-нефтеносной свиты можно двумя путями.

Если в пределах геологической провинции, к которой относится изучаемый район, известны залежи нефти или газа, а также известно, какой свите они подчинены, то можно считать эту свиту газо-нефтеносной и для изучаемого района. В противном случае о возможной газо-нефтеносности района можно судить по ряду поисковых признаков — прямых

<sup>1</sup> Более полно поисковые признаки для нефтегазоносных районов освещены в книгах И. О. Брода и Н. Б. Вассоевича.

в виде проявлений нефти и газа и косвенных, о которых подробнее сказано ниже.

Если вопрос о наличии газо-нефтеносной свиты в геологическом разрезе данной провинции разрешается в утвердительном смысле, то для каждого отдельного района остается выяснить, имеется ли эта свита и в его недрах. Это можно сделать путем геологической съемки, связывающей интересующий нас район с одним из тех, в которых наличие газо-нефтеносной свиты уже доказано. В некоторых случаях, когда разрешить этот вопрос методом геологической съемки не удается, остается прибегнуть к поисковому бурению.

При поисках нефти необходимо учитывать типы, к которым принадлежат залежи нефти в данной провинции. Так, в Крымско-Кавказской провинции залежи, связанные с третичными отложениями, в большинстве случаев приурочены к структурным ловушкам (к сводовым частям и к погружениям антиклинальных складок), но большое значение здесь имеют также и залежи литологического типа. В этой провинции поиски должны быть направлены в первую очередь на районы с антиклинальными структурами и на районы, в недрах которых можно найти нефтеносные свиты, образовавшиеся вдоль берегов бывших бассейнов. Тот же принцип, однако, является ошибочным в применении, например, к Приуралью, где залежи нефти подчинены рифовым известнякам.

Из числа косвенных поисковых признаков наиболее важное значение имеет наличие:

1. Битуминозных и пиробитуминозных<sup>1</sup> пород (в частности горючих сланцев);

2. Жил пород и минералов, содержащих углеводороды, пород типа асфальтитов и т. п.

3. Спутников нефти — углеводородных газов, каменной соли, соляных рассолов, содержащих иод и бром, серы самородной или в виде соединений (в частности,  $H_2S$ ). Особое место среди признаков нефтеносности занимают грязевые вулканы.

Косвенные признаки, естественно, не обладают доказательностью, свойственной прямым признакам, и поэтому выводы, основанные на косвенных признаках, должны находиться в связи с общей геохимической обстановкой, характерной для залежей нефти.

Вопросы, связанные с изучением геохимической обстановки и применением геохимических методов к поискам залежей нефти и газа, еще недостаточно разработаны.

Нефть и углеводородные газы в земной коре могут действовать как химические агенты, вызывающие известные изменения в самих породах и в подземных водах или же образование специфических минералов и т. д. К этой категории явлений прежде всего надо отнести процесс восстановления сульфатов с выделением сероводорода, который может остаться в свободном состоянии или перейти в соединения (главным образом с железом).

Процесс восстановления сульфатов, наблюдающийся в связи с наличием нефте-газоносных свит, выражается следующими широко известными явлениями:

1) восстановлением гипса и ангидрита с частичным изменением этих минералов в кальцит и арагонит;

2) пониженным содержанием, а очень часто и полным отсутствием аниона  $SO_4$  в водах, залегающих в нефте-газоносных свитах;

3) выделением сероводорода и появлением производных от него минералов.

<sup>1</sup> Пиробитуминозными называются такие породы, которые, в отличие от битуминозных, не содержат растворимых в органических растворителях битумов и выделяют битумы лишь при сухой перегонке.

Приуроченность к нефтяным и газовым залежам соляных растворов различной концентрации с преобладанием хлористого натрия, с содержанием иода и брома, при отсутствии сульфатов, настолько обычна, что не может быть случайной. Однако воды, отличающиеся указанными особенностями, встречаются иногда и независимо от нефте-газоносных свит, поэтому они не могут служить бесспорным признаком наличия в недрах нефтяной или газовой залежи.

По мнению ряда геологов, обычными спутниками нефти можно считать также галоидные соединения (хлора, иода, брома) и различные сернистые соединения. Однако и эти соединения не могут служить бесспорными признаками наличия в недрах нефти. В породах, по которым шла миграция нефти и газа при образовании месторождений, должны сохраняться следы этого процесса в виде наличия рассеянной нефти, битумов и газов или в виде каких-либо иных специфических явлений.

В случае значительного просачивания газов на поверхность анализ этих газов позволяет сделать некоторые определенные выводы.

Так, содержание в газе, кроме метана и этана, еще более тяжелых предельных углеводородов (пропан, бутан и др.), сопровождающих обычно нефтяную залежь, может указывать на вероятное присутствие нефти в недрах, в то время как содержание метана и иногда этана свойственно газам каменноугольных залежей, а содержание одного метана свойственно в ряде случаев или чисто газовым залежам, не связанным с нефтью, или поверхностному болотному газу.

В тех случаях, когда просачивание газа на поверхность из нефтяных или газовых залежей ничтожно и он не поддается полевому исследованию обычными методами, применяется специальный метод, известный под названием «газовой съемки». Последний основан на микроанализе газообразных углеводородов, получаемых в ничтожной концентрации при засасывании этих газов вместе с воздухом посредством особого прибора из буровых скважин с глубины от одного до нескольких метров выше зеркала грунтовых вод. Несмотря на довольно широкое применение газовой съемки, геологическая интерпретация результатов этой съемки еще недостаточно разработана.

Существенные данные для суждения о газо-нефтеносности района могут быть получены путем специального изучения состава и упругости растворенных газов.

Итак, при проведении геологической съемки в нефте-газоносных районах необходимо:

1. Тщательно отмечать все проявления нефтеносности или газоносности, а именно: маслянистые иризирующие пленки на поверхности воды, выходы жидкой нефти на поверхность, скопления густой нефти и кира в виде натеков и бугров, окрашенные или пропитанные нефтью породы, залежи озокерита или асфальта, отдельные включения твердых битумов, выходы горючих газов и грязевые сопки.

2. Собирать сведения о нефтеносности района у местных жителей и по архивным данным. Эти сведения надлежит тщательно проверять на месте, в особенности указания на нефть в виде пленок на воде, которые часто смешиваются с пленками ферробактерий. Последние пленки, если их разбить легким ударом по поверхности воды, распадаются на участки с острыми неправильными очертаниями. Нефтяные же пленки в этом случае собираются округлыми пятнами и легко сливаются друг с другом. Собранные на бумаге, они дают жирное пятно.

3. Если выход нефти связан с проникновением ее по трещинам тектонических нарушений, проследить характер нефтепроявлений по простиранию данного нарушения и при изучении стратиграфического разреза иметь в виду, что нефтеносная свита должна залегать стратиграфически выше тех слоев, в которых нефть наблюдается на поверхности.

4. Если выход нефти приурочен к определенной нефтеносной свите, пласту или пачке пластов, то особенно тщательно изучают литологические свойства этих свит, их строение по мощности и по простиранию, фациальные особенности, характер фауны и пр.

5. Специальное внимание обращать на коллекторские свойства пород, т. е. характер их зернистости, пористости и проницаемости.

6. Производить опробование битуминозных пород путем экстрагирования в нефтяных растворителях.

В последнее время в практику поисковых работ внедряются люминесцентно-битуминологические приемы изучения горных пород. Этот метод основан на способности природных углеводородов флюоресцировать в растворах большинства органических растворителей. Ничтожные количества битума, содержащегося в горной породе, становятся определенными благодаря яркости их свечения при смачивании породы каплей хлороформа. Наличие битума обнаруживается в этом случае при содержании до  $1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-9}$  г/см<sup>3</sup>.

В практике поисков и разведки нефтяных месторождений важное место должны занять: люминометрический кароттаж, определение ореолов легких углеводородов и определение следов растворенных битумов (нафтеновых кислот и их солей) в подземных водах.

7. В случае выделения газа определить при полевых исследованиях, к какой категории он относится — горючих или негорючих. Для этого поджигаются выделяющиеся обычно через воду пузырьки газа. Горючий газ воспламеняется даже при незначительных размерах пузырька, давая небольшую вспышку. Проба газа для анализа набирается согласно существующим специальным инструкциям.

При полевых исследованиях внимательно наблюдать также за условиями, при которых происходит выделение газа, чтобы не смешать выделяющийся природный газ с болотным газом, образующимся за счет гниения органических веществ, не представляющих интереса для геолога.

8. При изучении и составлении стратиграфического разреза в нефтегазоносном районе учитывать потребности будущего поискового и разведочного бурения, в связи с чем выявлять следующее:

1) Легко распознаваемые опорные горизонты. Должны быть точно установлены положение, количество и порядок залегания этих горизонтов в разрезе, а также их простирание.

Опорные горизонты должны быть непосредственно протянуты на карте, причем не обязательно, чтобы они распространялись на всю площадь составляемой геологической карты. Они могут оказаться практически весьма ценными и в том случае, если сохраняются в пределах одной геологической структуры.

2) Нефтеносные свиты или горизонты, причем для последних должны быть составлены детальные послойные разрезы, иллюстрирующие состав и характер пород и их изменения по простиранию. При составлении таких разрезов специальное внимание обращать на пористые породы (пески, песчаники, кавернозные известняки). Все более или менее значительные (1 м и более) слои этих пород должны быть отмечены и точно замерены.

При однообразном чередовании пород прослоями приблизительно одинаковой мощности или при частом чередовании их прослоями не менее 0,3 м рекомендуется объединять породы в пачки. Доля участия пористых пород в таких пачках оценивается на глаз.

Для суждения об изменениях разреза в различных направлениях необходимо иметь 3—4 послойных разреза на планшете масштаба 1 : 50 000, включая и закрытые участки.

3) Водоносность исследуемого района (наряду с его нефтеносностью). При этом наибольшее внимание должно быть уделено водоносным горизонтам в той части геологического разреза, проходить которую предстоит

глубокими буровыми скважинами, и особенно в свитах, предположительно считающихся нефтеносными. Положение всех водоносных горизонтов должно быть точно привязано к сводному разрезу. Кроме того, из всех источников, колодцев и буровых скважин, получающих из этих водоносных горизонтов воду, должны быть взяты образцы воды для химического анализа в количестве не менее 2 л на каждую пробу.

4) В естественных и искусственных выходах подземных вод (источники, скважины и т. д.) наряду с пробами воды следует отбирать пробы свободно выделяющегося и растворенного газа, а также замерять дебит воды и выделяющегося газа с целью определения их дебитного (объемного) отношения. В тех случаях, когда газ не выделяется на поверхности воды или выделяется недостаточно интенсивно, производится отбор пробы растворенного газа вакуумной бутылкой конструкции Савченко. Зная минерализацию подземных вод и состав газа, можно судить об упругости газов на глубине залегания, обычно возрастающей в направлении к контуру газо-нефтеносности.

5) Присутствие битума и содержание несвязанного углерода в пелитовых породах, вызывающих подозрение на повышенное содержание в них органического вещества, для чего породы должны быть подвергнуты специальному изучению в лаборатории. Признаки этих пород: тонкая листоватость, темная окраска, запах нефти или бензина при расквашивании. Должна быть точно замерена мощность этих пород и должны быть взяты из них образцы весом не менее 1 кг.

9. При изучении тектоники нефтеносных районов иметь в виду специфические особенности этих районов: 1) первостепенное значение выявления структур и различных структурных особенностей данного района и 2) необходимость особенной точности в районах со сложным строением, требующей знать залегание пород по всему поперечному сечению складок, а не только в частях, обычно лучше обнаженных. Отсюда вытекает необходимость нанесения на карту большого числа элементов залегания, в особенности вдоль линий, намеченных для построения профилей. Выбор этих линий должен быть сделан в процессе полевой работы, чтобы данные естественных обнажений, в случае их недостаточности, можно было бы пополнить путем проведения горных работ.

В области весьма пологого залегания, где горный компас не улавливает наклона пород, для точного изображения тектоники должна быть составлена структурная карта.

## ЛИТЕРАТУРА

- Билибин Ю. А. Зональность в распределении россыпей. Пробл. сов. геологии, № 1, 1937.  
Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. ГОНТИ, 1938.  
Брод И. О. Залежи нефти и газа. Госоптехиздат, 1951.  
Брод И. О. и Флоров Е. Ф. Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. ГТТИ, 1950.  
Горюнов М. С. и др. Методика полевого опробования природных газов. ГТТИ, 1934.  
Губкин И. М. Учение о нефти. ОНТИ, 1937.  
Методы поисков и разведки полезных ископаемых. Под общ. ред. Г. Д. Ажгирея, Б. К. Брешенкова, Д. А. Зенкова и Л. А. Русинова. Госгеолыздат, 1950.  
Козлов А. Л. Проблемы геохимии природных газов. 1950.  
Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. ОНТИ, 1936.  
Смирнов С. С. К вопросу о зональности рудных месторождений. Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1937.  
Спутник полевого геолога-нефтяника. Под ред. Н. Б. Вассоевича. ГТТИ, 1952.  
Степанов П. И. и Миронов С. И. Геология месторождений каустобиолитов. ОНТИ, 1937.  
Ферсман А. Е. Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. АН СССР, 1939.  
Эммонс В. Вторичное обогащение рудных месторождений. ОНТИ, 1935.

## ГЛАВА X

### ШЛИХОВОЕ ОПРОБОВАНИЕ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ<sup>1</sup>

Шлиховыми методами успешно пользовались уже с давних времен при поисках золота. Но особо широкое распространение, после ряда усовершенствований, шлиховой метод получил в течение последних 15—20 лет в Советском Союзе, где с большим успехом применяется также при поисках месторождений редких и малых металлов. Высокая эффективность метода подтверждается тем, что именно благодаря умелому применению шлихового опробования был открыт ряд месторождений редких, малых и благородных металлов, существенно обогативших минерально-сырьевую базу нашей Родины. Поэтому шлиховое опробование должно сопровождать всякую геологическую съемку как один из важнейших поисковых методов. В особенности оно необходимо в условиях закрытых районов, где непосредственные выходы месторождений на поверхность встречаются редко.

Шлиховой метод применим для отыскания определенной группы полезных ископаемых, минералы которых отличаются высоким удельным весом и достаточной физической (и отчасти химической) устойчивостью. Сюда относятся: золото, платина и платиноиды (самородная платина, осмистый иридий, сперрилит), олово (касситерит), вольфрам (вольфрамит и шеелит), ртуть (киноварь), висмут (самородный висмут, базобисмутит), ниобий и тантал (колумбит и танталит), редкие земли, отчасти хром (хромит). В непосредственной близости от коренных месторождений в шлихах фиксируются и сульфиды, в том числе даже такой мягкий, как молибденит. Что касается неметаллических полезных ископаемых, шлиховой метод с успехом применяется при поисках алмазов (косвенным путем), некоторых камней-самоцветов и отчасти корунда. Следовательно, наличие каких-либо предварительных указаний на нахождение (или возможность нахождения по общим геологическим предпосылкам) указанных полезных ископаемых на проектируемой к съемке территории делает постановку шлихового опробования обязательной. Вообще можно сказать, что шлиховое опробование обязательно при геологических съемках масштабов 1 : 50 000 и мельче на всех площадях, где не исключена возможность проявления вулканической деятельности и эндогенной минерализации. Равным образом, оно безусловно обязательно при съемках геологически совершенно неизученных или слабо изученных площадей в горных и горно-таежных районах Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока Азии.

Систематическому шлиховому опробованию подлежат также геологи-

чески изученные, заснятые в прежние годы площади, не подвергшиеся ранее шлихованию или освещенные только редкой сетью шлиховых проб.

В районах ненарушенного залегания мощных толщ осадочных пород, где отсутствуют проявления вулканизма (Русская равнина), или развития мощных толщ молодых рыхлых отложений (Западно-Сибирская низменность, Зее-Буреинская равнина на Дальнем Востоке и т. п.) геологическая съемка в большинстве случаев может не сопровождаться шлиховым опробованием (если оно не требуется для решения специальных задач или изучения литологии рыхлых отложений).

При проектировании шлиховых работ необходимо полностью учитывать также геоморфологические условия на площади, подлежащей съемке. Эти условия имеют решающее влияние на выбор методики шлихового опробования и соответственно определяют необходимый объем горных работ, производительность и стоимость шлихового опробования.

### МЕТОДИКА ШЛИХОВОГО ОПРОБОВАНИЯ

Шлиховые методы поисков, основанные на исследовании тяжелой фракции рыхлых отложений, дают возможность решать следующие задачи:

1. Отыскивать коренные месторождения благородных, редких и малых металлов по ореолам их физического рассеяния.
2. Отыскивать россыпи тех же металлов и ценных минералов.
3. Устанавливать характерные ассоциации тяжелых минералов для различных площадей, что может дать ценные указания для познания металлогении и локализации различных геологических образований.

С точки зрения детальности шлиховых исследований могут быть выделены: 1) маршрутное шлиховое опробование, 2) площадное шлиховое опробование, 3) детальные шлиховые поиски.

Маршрутное шлиховое опробование обычно сопровождает геологические съемки масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 500 000. Для него характерна редкая сеть шлихов, приуроченных к долинам, проходимым геологическими маршрутами.

Площадное шлиховое опробование, сопровождающее геологические съемки масштабов от 1 : 200 000 и крупнее, характеризуется достаточно густой сетью шлихов, охватывающих все сколько-нибудь существенные (без изъятия) речки и ключи района. В некоторых случаях опробованию, кроме того, подвергаются отдельные участки элювиальных, делювиальных и пролювиальных отложений, а также береговые морские и озерные отложения.

На основе опробования первых двух типов, устанавливающих наличие полезных минералов в шлихах, проводятся более детальные шлиховые поиски. Последние имеют своей целью локализацию физических (механических) ореолов рассеяния полезного минерала в аллювии, делювии и, наконец, в элювии. В отличие от первых двух типов, когда шлихи берутся преимущественно из естественных выходов или мелких копуш, здесь наряду с более основательным копушением широко применяется шурфовка и в некоторых случаях бурение (преимущественно комплектом «Эмпайр»).

При геологической съемке масштаба 1 : 200 000 обычно ведут площадное шлиховое опробование, а при съемке масштаба 1 : 50 000 — детальные шлиховые поиски.

Отсюда явствует, что в данных масштабах шлиховому опробованию подлежат все сколько-нибудь существенные речки и их притоки, а также в некоторых случаях распадки (лога, саи) и другие отрицательные элементы рельефа, где возможно накопление рыхлых отложений.

Для съемки масштабов 1 : 200 000 и особенно 1 : 50 000 необходима более густая сеть шлихов из элювиально-делювиальных или пролювиальных рыхлых отложений. Шлихи должны быть взяты в зонах контак-

<sup>1</sup> Более полно вопросы шлихового опробования изложены в работе М. И. Ицксона «Шлиховое опробование при геологической съемке и обзорных поисках», Госгеол-издат, 1953.

тов, на участках гидротермального изменения пород (окварцевания, турмалинизации, хлоритизации, новообразований каолина, сульфидов и т. п.), на участках широкого развития жильного кварца, благоприятных для рудообразования структур или вмещающих пород.

Вопрос о густоте сети шлихового опробования разработан еще очень слабо.

Для ориентировочных расчетов можно пользоваться официальным «Справочником укрупненных сметных норм на геолого-разведочные работы» (СУСН).

На практике при геологической съемке масштаба 1 : 200 000 или 1 : 100 000 расстояние между соседними шлиховыми пробами вдоль русла реки колеблется в пределах 0,5—1,2 км в зависимости от обилия притоков. Само собой разумеется, что опробование последних совершенно обязательно. Обычно в этом случае, если основываться на опыте поисков в ряде районов, приходится в среднем 0,8—1,2 шлиха на 1 км<sup>2</sup> площади. Соответственно для съемки масштаба 1 : 50 000 интервал между соседними шлиховыми пробами колеблется в пределах 0,2—0,4 км.

Н. М. Остроменцкий и Б. М. Косов приводят интересную таблицу, характеризующую детальность отдельных видов поисковых работ в заведомо рудоносном районе (табл. 13).

Таблица 13

Виды поисков	Среднее количество на 1 км <sup>2</sup> обследуемой площади			
	маршрутов, км	пунктов наблюдений	шлиховых проб	закопушек, м <sup>3</sup>
Шлиховые	1	1,5	2	—
Общие	1,5—2	3—4	1—1,5	0,4—0,5
Детальные	4—5	10—12	3—4	0,7

Примечание. Глубина закопушек 0,5—1 м; объем русловых проб 0,02 м<sup>3</sup> объем проб из закопушек 0,05 м<sup>3</sup>.

Если в процессе геологической съемки и первого этапа шлихового опробования получены прямые или косвенные указания на рудоносность района (установлены структуры, благоприятные для локализации оруденения, найдены околорудные породы и т. п.), следует, независимо от первоначально принятой густоты сети шлихового опробования, безотлагательно перейти к этапу детальных шлиховых поисков, опирающихся на массовое копушение и шурфовку.

При съемках интересующих нас масштабов (1 : 200 000—1 : 50 000) шлихи берутся непосредственно из русел рек и ключей, из отложений кос, долин, террас и в значительно более ограниченной степени из элювия и делювия склонов (материал для промывки поступает из специально заданных мелких копуш или из естественных выходов).

Большую ценность представляют, кроме того, шлихи, полученные из шурфов, шлама буровых скважин, отвалов (эфелей) действующих и заброшенных приисков и горных предприятий, а также шлихи, полученные от старателей, с драг, гидравлик и т. п.

Решающее значение для выбора методики шлихового опробования аллювия имеют геоморфологические факторы. В практике мы обычно сталкиваемся с двумя положениями (рис. 122):

1. Гидросеть или нередко ее участок, подлежащие опробованию, находятся в стадии оживления (зона углубления и расширения долин и заполнения их речными отложениями — зоны 2 и 3 согласно классификации Ю. А. Билибина).

2. Гидросеть или ее участки переживают стадию зрелости (зона зрелых долин старого и нового эрозионных циклов — зоны 1 и 4 Ю. А. Билибина).

В первом случае река производит глубинную или частично боковую эрозию, размывает коренные породы, содержащие руды, или перемывает свой древний аллювий, также содержащий тяжелые минералы. Рыхлые отложения, включающие и шлиховые минералы, более или менее интенсивно транспортируются и легко фиксируются в косах и верхней части русловых отложений.

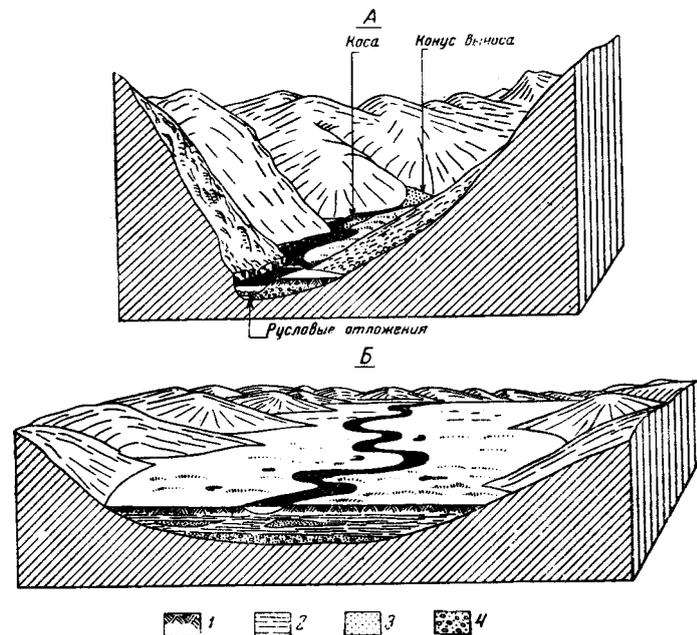


Рис. 122. Два типа гидросети: а — в стадии оживления; б — в стадии зрелости.

1 — растительный слой (торф); 2 — глины (илы); 3 — сортированный песок; 4 — галечники, неравномерноразмерные пески, гравий. (Рыхлый материал, подлежащий шлиховому опробованию)

Во втором случае река почти уже не производит эрозионной работы. Описывая причудливые петли, реки лениво текут в широкой, обычно заболоченной долине и транспортируют лишь материал, резко обедненный тяжелой фракцией, ил и тонкий песок. Старатели довольно метко называют такую гидросеть «застойной». Косы (если они имеются) и верхняя часть русловых отложений, сложенные сортированным мелким песком и илом, почти не содержат шлиховых минералов. Последние обычно концентрируются в нижней части долинных отложений, под более или менее мощными торфами.

В первом случае (гидросеть в стадии оживления) опробование кос и русел дает при достаточно густой сети шлихов вполне надежные результаты. Опыт показывает, что в этом случае шлиховое опробование в состоянии фиксировать даже относительно мелкие месторождения. Объем необходимых горных работ (мелкие копуши) для первого случая очень невелик.

Для варианта застойной гидросети (второй случай) работа значительно осложняется. Опробование кос и русел в этом случае не дает сколько-нибудь надежных результатов. Необходимо тем или иным путем получить материал для промывки из более глубоких частей долинных отложений, для чего проходят глубокие копуши или мелкие шурфы. Фактическая глубина этих выработок определяется водоносностью долинных отложений. В оптимальном случае желательно некоторые из выработок добить до плотика.

Копуши можно располагать двояким образом: 1) вдоль долины через интервалы, соответствующие детальности проводимого опробования; 2) линиями поперек долины с интервалами между линиями 1,5—2 км (для масштаба 1:200 000) или 0,5—1 км (для масштаба 1:50 000) и между выработками 20—40 м.

Второй вариант, требующий относительно больших затрат труда и средств, применяется исключительно для широких (многие сотни метров) долин или выборочно для долин, изучение которых по каким-либо обстоятельствам представляет повышенный интерес.

Независимо от выбранного варианта расположения выработок, в обоих случаях совершенно обязательно опробование притоков. Небольшие речки и ключи необходимо опробовать единичными копушами (шурфами), задавая их в нижнем течении, однако вне долины главной реки.

Для многих районов Сибири и Дальнего Востока проведение подобных работ в летнее время затрудняется сильным притоком грунтовых или поверхностных вод, а также вечной мерзлотой. В этих условиях особое внимание должно быть уделено тщательному шлиховому опробованию террасовых отложений, что до некоторой степени может восполнить недостаточность материалов, обусловленную трудностью опробования действующей гидросети. Особенности опробования террас рассмотрены ниже.

Необходимо, однако, иметь в виду, что именно такая устоявшаяся речная сеть наиболее способствует образованию и сохранению долинных россыпей. Поэтому при наличии в районе коренных месторождений золота, олова, вольфрама и других металлов для опробования рыхлых отложений как возможных россыпей необходимо применять шурфовку или бурение. Шурфовку наиболее удобно вести в зимнее время «на проморозку» или «на пожог». Однако подобные исследования обычно уже не входят в задачи общей геологической съемки.

Методика ведения этих работ и виды опробования, применяемые в данном случае, рассматриваются в специальных руководствах и учебниках по поискам и разведкам россыпных месторождений.

Подобная геоморфологическая обстановка складывается и для равнинных районов, вообще слабо расчлененных гидрографической сетью. В этом случае, с целью получения материала для промывки, кроме сети поверхностных выработок (копушей, мелких шурфов), должны быть самым широким образом использованы овраги (балки — лога) и промоины, иногда глубоко пропиливающие приповерхностные слои. В обрывистых бортах и днищах оврагов нередко вскрываются более глубокие горизонты рыхлых отложений, значительно обогащенные тяжелыми минералами. Именно шлиховое опробование сети оврагов в одном из равнинных, плохо обнаженных районов позволило обнаружить крупное рудное месторождение, совершенно не проявлявшее себя в аллювии протекающей поблизости застойной речки.

В условиях равнинных районов с застойной гидросетью или вообще маловодных, кроме оврагов, нередко хорошие результаты дает опробование материала, поступающего из менее глубоких (иногда даже близ поверхностных) частей рыхлых отложений. Во многих случаях хорошие шлихи получаются при промывке выбросов из нор («сурчин») землеройных животных, щебня или материала из-под корней кустов (в особенности приречных) и вывороченных деревьев, иногда просто из рыхлого материала, добытого непосредственно под растительным слоем (дерном). В каждом таком районе, с трудом поддающемся опробованию обычными методами, необходимо найти опытным путем наиболее эффективные в данных условиях источники снабжения рыхлым материалом, стараясь хотя бы частично заменить ими дорогостоящие работы по копушению и шурфовке.

Остановимся более подробно на методике и технике шлихового опробования для варианта юной и омоложенной гидросети, наиболее часто встречающегося в практике геолого-съемочных работ интересующих нас масштабов.

Для масштаба 1:200 000 опробованию подвергается та же гидросеть, которая используется и для съемочных геологических маршрутов. Опробованию подвергаются речные косы, русловые отложения, подмываемые борта пойменной и более верхних террас. Приведенные выше цифры густоты сети шлихового опробования для заданных масштабов должны рассматриваться только как некоторые средние цифры. Необходимо категорически отказаться от взгляда на шлиховое опробование как на чисто механическую бездумную работу, к сожалению полностью еще не изжитого. Надежным и плодотворным будет только такое шлиховое опробование, которое производится осмысленно, целеустремленно, в теснейшей связи с геологией и с полным учетом геоморфологических особенностей местности. Поэтому при выборе точек взятия шлихов надлежит руководствоваться не только (вернее даже не столько) расстоянием от предыдущей пробы, сколько следующим правилом: для предварительного поискового шлихового опробования необходимо стремиться выбирать для взятия пробы место с максимально возможным накоплением тяжелой фракции. Факторы, влияющие на выбор такого места, и методы взятия шлиха в каждом случае могут быть подразделены на две категории: общие и местные.

К факторам общего (или более крупного) порядка, кроме типа гидросети (ее стадии развития), относится также местоположение участка, где берется шлиховая проба. С этой точки зрения для опробования кос и русел, а также отчасти для опробования аллювия долин наиболее благоприятны места, где по той или иной причине резко замедляется скорость течения. Такие условия создаются при резком расширении речной долины (шлихи берутся непосредственно в месте, где долина начинает расширяться), ниже крутых поворотов, при резкой смене крутого продольного профиля долины более пологим, ниже перепадов (порогов) и т. д.

Русловые отложения и речные косы обычно наиболее обогащены шлихом возле крутых поворотов реки (где образуется выпуклость берега в сторону реки или чуть ниже по течению).

Обогащение шлихом наблюдается также на косах, расположенных непосредственно выше впадения притоков, так как рыхлые выносы последних иногда подпруживают и замедляют течение главного русла.

Некоторые минералы (шеелит, колумбит, монацит, циркон) среднего удельного веса (4,5—6,0) иногда концентрируются в рыхлых отложениях пролювиального (конусы выноса, отложения ливневых потоков и т. п.) или реже флювиогляциального происхождения. Взятие проб в таких местах крайне желательно.

К числу местных факторов, наиболее сильно влияющих на выход тяжелых минералов в пробу, относятся: 1) точка взятия шлиха, 2) близость коренного ложа (плотика), 3) литология промываемых пород.

Для рыхлых отложений, слагающих косы, как правило, наблюдается весьма неравномерное («кочковое») распределение (в плане) тяжелой фракции. Обычно наиболее обогащена шлихом бывает верхняя по течению часть косы («головка»), в большой мере обогащается также выпуклый ее край. При этом опытный шлиховик всегда старается взять материал для промывки непосредственно выше всего, что загромождает косу (принесенные водой деревья («плавник») или их скопления («залом»), крупные глыбы камня или их скопления, кочки, вывороченные корни деревьев и т. п. Обычно в косах возле этих препятствий, замедляющих течение, происходит накопление тяжелых минералов.

Следует подчеркнуть, что для качества шлихового опробования кос, в отличие от аллювия долин, глубина залегания подстилающего их плотика обычно не имеет существенного значения. Обогащение кос тяжелой фракцией происходит после каждого паводка или сильного дождя. Нередко в этом случае шлих можно наблюдать непосредственно на поверхности косы. Копушу достаточно углубить лишь настолько, чтобы выйти из обмытых галечников, не связанных мелкой фракцией (песком, гравием)<sup>1</sup>. В крайнем случае копушу можно углубить до уровня воды.

В противоположность этому, для отложений долин (и отчасти русловых) близость коренного ложа (плотика), подстилающего рыхлые отложения, имеет решающее значение для концентрации тяжелых минералов. Необходимо стремиться получить материал для промывки из наиболее глубоких частей рыхлых отложений, тяготеющих к плотнику. Наилучшие результаты русловые пробы дают в долинах, где участки коренных пород чередуются с маломощными участками аллювия. Этот приплотиковый маломощный слой аллювия обычно наиболее обогащен тяжелой фракцией. Кроме того, шлих здесь задерживается неровностями плотика. В гранитах и карбонатных породах это «карманы», трещины и т. д. В сланцах, простирающихся косо к направлению течения, образуется излюбленный золотоискателями «ребровик» или «щетка». Внимание должен также привлекать так называемый «ложный плотик» — водоупорные пропластки или слои внутри аллювия, задерживающие шлих. Обычно это плотные глины или ожелезненные, плотно сцементированные окислами железа галечники или пески.

Наиболее надежные (однозначные) результаты для суждения о наличии или отсутствии искомого минерала в аллювии дают «щеточные» пробы. Однако при оценке количественного содержания надо иметь в виду, что пробы, взятые на щетках, всегда дают резко завышенное содержание минерала по сравнению с его средними содержаниями в рыхлых отложениях в целом в приплотиковой части.

Наконец, очень важное значение для концентрации тяжелых минералов имеет литологический (главным образом гранулометрический) состав содержащих их рыхлых отложений. Наилучшие результаты дают отложения типа галечника, неравномернозернистого гравия, несортированные крупнозернистые пески с галькой. Золотоискатели придают большое положительное значение наличию глинистой «примазки», связывающей гравийный и галечный материал. Для концентрации касситерита «месниковатость» (глинистость) рыхлых отложений, повидимому, имеет несколько меньшее значение. Резко обеднены тяжелыми минералами (как правило, шлиховому опробованию не подлежат) глины, илы и сортированный песок.

Обычно хорошие результаты дает опробование материала из подмываемого рекой борта пойменной террасы. Естественно, что наилучшие условия для опробования этих отложений представляются в период низкой воды, когда обнажаются более глубокие их части.

Перед взятием пробы борт надо обязательно зачистить, чтобы освободить его от свалившегося (наплывшего на него сверху) рыхлого материала, обедненного тяжелыми минералами.

Наилучшие условия для опробования террас, естественно, представляются тогда, когда в борту долины обнажается коренной цоколь террас (рис. 123). Нижняя часть рыхлых отложений, лежащая непосредственно на коренных породах (так называемый «спай»), бывает относительно обогащена тяжелой фракцией. Иногда высокие концентрации тяжелых минералов наблюдаются у подножия коренного цоколя террасы, где

<sup>1</sup> Естественно, здесь не имеются в виду «отмершие» косы, давно не заливавшиеся водой. В этом случае тяжелые минералы успели погрузиться глубже и, чтобы получить качественный шлих, необходимо углубить копушу.

скопляется перемытый (естественно обогащенный) материал, осыпавшийся или намываемый из террасовых отложений. Такие возможности для шлихового опробования террас необходимо использовать возможно более широко в процессе поисков.

Известное влияние на выход шлиха оказывает и метеорологическая обстановка в момент взятия пробы. Наиболее благоприятным для шлихового опробования является период быстрого спада воды после половодья или продолжительных сильных дождей. В этот период происходит очередное обогащение кос и верхней части русловых отложений тяжелыми минералами. В высокую воду большая часть кос залита, а русловые отложения почти совершенно недоступны. Взятие шлихов в такой обстановке затруднено, и результаты опробования не могут считаться в какой-либо мере надежными.

Нам осталось рассмотреть весьма важный вопрос о порядке взятия шлихов.



Рис. 123. Шлиховое опробование террасовых отложений  
1—коренные породы (цоколь террасы), 2—террасовые отложения, 3—места взятия шлиховых проб

Для застойной гидросети порядок расположения линий копуш или шурфов определяется необходимым интервалом между линиями, с непрерывным учетом рассмотренных выше факторов общего порядка.

Для опробования русел и кос (случай гидросети в стадии оживления) порядок взятия шлихов существенно иной. Опробователь (промывальщик шлихов) двигается вверх по реке (в некоторых случаях приходится вести маршрут сверху вниз, но, вообще говоря, это нежелательно) и в соответствии с масштабом съемки берет шлихи как из главной реки, так и, в особенности, из впадающих в нее притоков<sup>1</sup>. При этом для опробования используются все возможные в данных условиях источники получения шлихов: косы, речные русла, подмываемые борта, поймы, отложения террас, в особенности в местах «спая» их с коренной породой, щетки, конусы выноса и т. п.

Шлихи берут более или менее равномерно, сообразуясь с принятым для данного масштаба поисков интервалом опробования, с обязательным опробованием притоков.

В некоторых руководствах описывается и другой метод, суть которого заключается в том, что шлихи берут неравномерно, «кучно», ниже впадения каждого притока. Отрезки главной реки между устьями притоков освещаются одиночными редкими шлихами. Этот метод не может быть рекомендован по двум обстоятельствам:

1. Шлихи, взятые по главной реке ниже устья каждого притока, далеко не достаточно, а иногда и совсем не характеризуют состав тяжелой фракции самих притоков. На этом мы остановимся подробнее ниже.

2. Поскольку «кучное» расположение шлихов не решает задачи опробования притоков, применение этого метода нецелесообразно, тем более что он не обеспечивает и равномерного опробования главной реки.

<sup>1</sup> Еще раз подчеркиваем, что в притоках шлихи надо брать не у самого устья, а несколько выше (вне долины главной реки), для полной уверенности в том, что шлих взят из отложений притока, а не главной реки.

При размещении точек шлихового опробования необходимо уделять особое внимание опробованию притоков. Опыт показывает, что даже в относительно некрупных реках (длиной 30—60 км) содержание шлиховых минералов резко разубоживается по сравнению с притоками, в долинах которых располагаются месторождения.

Б. Л. Флеров упоминает о ключе длиной всего 4—5 км, где содержание касситерита оказалось в 30 раз выше, чем в аллювии речки, принимающей этот ключ. Вполне понятно, что эта разница будет еще более разительна для крупных рек, протяженностью в сотни километров и более. Шлиховое опробование таких водных артерий, не подкрепленное тщательным опробованием притоков, будет мало эффективным.

Наконец, большое значение для выбора рациональной методики опробования имеют геологические факторы. Последние дают ценные указания и для оперативного направления шлихового опробования. Эти указания (признаки), как известно, подразделяются на прямые (непосредственное наличие полезного ископаемого) и косвенные (магматические, структурно-литологические, стратиграфические, окolorудные гидротермальные изменения пород и т. д.). Сеть шлихового опробования необходимо сгущать на тех площадях, где установлены благоприятные геологические признаки, нередко, может быть, за счет некоторого разрежения сети на участках, заведомо безнадежных или явно менее перспективных.

Особое внимание при шлиховом опробовании должны привлекать окolorудные гидротермальные изменения пород (грейзены, скарны, участки турмалинизации, хлоритизации, окварцевания, серицитизации, ожелезнения, сульфидизации, новообразования алуниита, каолина и др.). В случае наличия таких изменений необходимо на соответствующем участке, кроме сгущения сети шлиховых проб в аллювии, производить опробование делювия бортов долины. Само собой разумеется, что в этом случае необходимо также практиковать получение искусственных шлихов из перечисленных пород (так называемые «протолочки») путем дробления и последующей промывки.

### ПРОМЫВКА ШЛИХОВЫХ ПРОБ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Для получения сопоставимых результатов количество материала, поступающего в промывку, должно быть приблизительно одинаковым для всех шлиховых проб исследуемого района. Это количество должно обеспечивать в результате промывки выход шлиха из каждой пробы не менее чем в 10—15 г. Обычно для этого приходится промыть не менее 30 кг рыхлого материала. Промывка шлиховых проб в условиях геологической съемки ведется на лотке емкостью 0,007—0,008 м<sup>3</sup> или в азиатском ковше. Последний преимущественно применяется на Урале и в некоторых районах Западной Сибири. На Дальнем Востоке пользуются почти исключительно лотком (рис. 124). Преимущество азиатского ковша заключается в том, что в нем можно промывать пробу при наличии очень малого объема воды. Поэтому он неопценим в маловодных районах, где специально для промывки возят бочонок воды. Применение для промывки мисок, тазов, плоских и подобных сосудов категорически воспрещается.

Необходимо указать на ряд наиболее частых грубых ошибок при массовом шлиховом опробовании. Причинами их в первую очередь являются:

1. Недостаточно аккуратная промывка, особенно опасная для случая тонкозернистых шлиховых минералов, а также для случая труднопромывистых (сильно глинистых) проб. Труднопромывистые пробы еще в первой стадии промывки должны быть полностью освобождены от глинистого вещества отмучиванием, так как в противном случае потери тяжелых минералов будут очень велики. Эти потери происходят в основном по двум причинам: 1) зерна шлихового минерала, образуя вместе

с содержащей их глинистой оболочкой общий агрегат невысокого удельного веса, легко уходят с промывального прибора; 2) мелкие зерна тянутся от обволакивающей их глинистой корки, флоатируются в образующейся глинистой суспензии и также уходят из прибора. В особо ответственных случаях производится промывка «из лотка в лоток»: весь материал, смываемый с лотка, собирается в другой лоток или иной сосуд и подвергается вторичной промывке.

2. Промывка проб до «черного» шлиха. Для поисковых целей (с учетом более полного улавливания минералов с средневисоким удельным весом) шлих должен домываться до стадии «серого» шлиха. Контрольный минерал — гранат — должен оставаться в лотке. Доводить концентрат до «черного» шлиха (существенно состоящего из магнетита) не рекомендуется, так как это ведет к полной или частичной потере ряда ценных компонентов (шеелит, монацит, мелкий касситерит и др.).

3. Очень сильное прокаливание шлиха при просушивании. Это ведет к исчезновению или интенсивному изменению ряда важных минералов (киноварь полностью улетучивается, касситерит иногда приобретает несвойственный ему красный цвет, сульфиды подвергаются обжигу).

Сушить шлих нужно на малом огне, осторожно встряхивая совочек. Последний, если он изготовлен из белой жести (консервной банки), должен быть предварительно прокален. Нахождение в шлихах «самородного олова» во многих случаях свя-



а



б



в

Рис. 124. Последовательность операций при промывке шлиховой пробы на лотке

а — удаление глинистого материала и крупной гальки (обмывка); б — главная операция — удаление относительно легких частиц; в — доводка шлиха, завершающая (наиболее ответственная) операция

зано с употреблением совочков из необожженной белой (т. е. покрытой оловом) жести.

Просушенный шлик помещается в бумажный капсюль или мешочек из плотной материи и снабжается этикеткой (мешочек) или надписью (капсюль) согласно приведенной форме:

Управление (предприятие) \_\_\_\_\_ Экспедиция (партия) \_\_\_\_\_  
 Район \_\_\_\_\_  
 Шлик № \_\_\_\_\_  
 Место взятия пробы \_\_\_\_\_  
 Количество промытой породы \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_ Подпись лица, взявшего пробу \_\_\_\_\_  
 Шлик № \_\_\_\_\_

Номер шлика повторяется на капсюле несколько раз, так как утрата номера полностью обесценивает шлик, лишая его привязки. Местоположение пробы необходимо нанести на топографическую карту, а в полевую книжку внести данные, нужные для составления журнала шлихового опробования. Последний наряду с коллекцией шлихов и картой точек взятия проб составляет основу документации. Форма шлихового журнала приведена ниже (табл. 14). Графы 8, 9, 10 и частично 12 заполняются шлиховой лабораторией. Остальные данные вносятся производителем работ. Необходимо строго придерживаться правила, что нумерация мест взятия проб на шлихе, топографической карте и в шлиховом журнале должна быть сквозной и совпадать во всех трех документах. Несоблюдение этого правила нередко является источником ошибок, не говоря уже о том, что усложняет обработку материала опробования.

Форма полевого

Дата взятия пробы	№ шлика	Место взятия пробы	Тип опробованных отложений	Характер промытых отложений	Способ и глубина взятия пробы	Количество промытой породы
1	2	3	4	5	6	7
—	—	—	Коса, борт террасы, делювий на склоне	Галечник с песком, гравий	Из копуши глубиной 0,4 м Из шурфа глубиной 2 м	—

Необходимо также делать зарисовки разреза опробуемых рыхлых отложений с указанием мест взятия шлихов, схемы и профиля с нанесением элементов геоморфологии применительно к опробованному участку и т. п. Эти материалы могут оказаться крайне необходимыми в дальнейшем, при интерпретации результатов шлихового опробования.

Одновременно со взятием шлика необходимо в той же точке тщательно собрать гальку или обломки пород, имеющих то или иное значение для познания возможной рудоносности района: образцы руд, возможных околорудных гидротермальных образований или вообще необычных пород, выделяющихся окраской, повышенным удельным весом или другими особенностями, а также более крупные сростки рудного минерала с породой, взятые из лотка во время промывки. Весь этот

материал упаковывается особо и этикируется как образцы к шлиху № (указывается номер шлика). В журнале шлихового опробования делается соответствующая пометка о взятии образцов.

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ШЛИХОВ В ПОЛЕ

Минералогическое изучение шлихов производится сразу же после их взятия (не откладывая этих исследований на камеральный период). Полевая шлиховая лаборатория (хотя бы с упрощенной схемой обработки шлихов) должна быть в каждой крупной партии или группе партий. Только при наличии лаборатории можно целеустремленно и осмысленно направлять дальнейшее опробование и оперативно руководить поисками.

Необходимо особо остановиться на некоторых требованиях, предъявляемых поисковиком к результатам, даваемым шлиховой лабораторией. Кроме валового минералогического состава и количественного содержания отдельных полезных минералов, большой интерес для поисковика представляют следующие данные (в особенности для минералов из группы полезных ископаемых): 1) размеры зерен (максимальные и минимальные); 2) степень окатанности; 3) наличие сростков с вмещающей породой и характер последней, а также сростков с другими минералами; 4) морфология кристаллов; 5) цвет и блеск; 6) прочие особенности (физические и химические свойства, специфические для минералов из шлихов данного района, например для касситерита — «плохо поддается реакции на оловянное зеркало» и т. п.).

Необходимо, чтобы каждый геолог-съемщик, а тем более поисковик, ведущий шлиховое опробование, имел достаточную подготовку, позволяющую ему устанавливать главнейшие шлиховые минералы сразу же, на месте. Наиболее легко распознаются, еще в процессе промывки, золото и платина (цвет и расположение в самой тяжелой части шлика при доводке в лотке или ковше). Впрочем, малоопытные лица часто принимают

Таблица 14

шлихового журнала

Вес шлика	Минералы из группы полезных ископаемых с указанием количественного содержания	Прочие минералы	Состав гальки в опробованных отложениях	Примечание
8	9	10	11	12
—	—	—	(Особое внимание уделить наличию обломков руды и околорудных пород)	Особенности полезных минералов шлика (размер зерен, степень окатанности, характерные формы, сростки). Особенности места взятия шлика (близость плотика и т. п.)

за платину тонкие с сильным металлическим блеском обломки лопаты или других железных предметов, попадающие в шлик (отличаются от платины магнитностью<sup>1</sup> и растворимостью в кислотах). Некоторые затруднения в диагностике золота могут возникнуть, когда оно покрыто пленкой («рубашкой») окислов железа.

Киноварь также устанавливается без особых затруднений по характерному цвету. Не всегда просто, даже при некотором опыте, обнаружить зерна касситерита и шээлита. В этом случае поступают следующим образом. Шлих освобождают от магнитной фракции, после чего берут навеску (в некоторых случаях весь шлик), с которой и производят даль-

<sup>1</sup> Поликсен — разновидность платины — также отличается сильной магнитностью.

нейшие реакции. Для определения касситерита навеску помещают на цинковую пластинку и поливают соляной кислотой. Очень скоро с помощью лупы или даже невооруженным глазом можно усмотреть зерна касситерита, покрытые оловянным зеркалом. Некоторые касситериты с трудом поддаются реакции на «оловянное зеркало». В этом случае рекомендуется применять слабое подогревание пластинки с помощью свечи.

Для определения шеелита навеска помещается на часовое стекло, добавляется соляная кислота и порошок (стружка) металлического олова. После умеренного подогревания зерна шеелита приобретают интенсивно синюю окраску, а испарившийся раствор оставляет на стекле синий или голубой ободок.

Нередко применяют так называемую отдувку — операцию, требующую известного навыка. Шлих, освобожденный от магнетита, помещают на плотную бумагу. Покачиванием бумаги при равномерном дутье достигается разделение минералов шлиха в зависимости от их удельного веса.

Ю. А. Билибин дает схему для полевого определения наиболее важных шлиховых минералов, в зависимости от их удельного веса и цвета.

1. Удельный вес исключительно высокий (более 14): серые — платина и металлы платиновой группы, желтые — золото.

2. Удельный вес очень высокий (8,5—14): серые — свинец, ртуть; белые — серебро, висмут; черные — торианит; красные — медь (висмут).

3. Удельный вес высокий (5,5—8,5): серые — олово (7,3), железо (7,3—7,8), арсенопирит (6,0—6,2), галенит (7,4—7,6); черные и бурые — танталит (6,3—8,0), колумбит (5,4—6,4), вольфрамит (7,1—7,5), касситерит (6,8—7,1), бадделейт (5,7—6,0); красные — киноварь (8,0—8,2).

4. Удельный вес заметно повышенный (4,0—5,5): черные и бурые — магнетит (4,9—5,2), гематит (5,2—5,3), брукит (3,9—4,1), псевдобрукит (5), торит (4,4—5,4), ильменит (4,6—5,2), браунит (4,7—4,9), гаусманит (4,7—4,9), хромит (4,5—4,8), рутил (4,2—4,3), перовскит (3,9—4,1), гранат (3,2—4,3), шпинель (3,5—4,1), гадолинит (4,2—4,5) и др.; белые, бесцветные, желтоватые — циркон (4,4—4,7), барит (4,3—4,7); желтые, красновато-желтые, коричневые — брукит (3,9—4,1), монацит (4,9—5,2), ксенотим (4,4—4,6), пирит (4,9—5,2), циркон (4,4—4,7); серые — полианит (4,8—5,1).

5. Удельный вес несколько повышенный (2,8—4,0): алмаз, гранат, турмалин, топаз, пироксены, амфиболы, оливин, везувиан, андалузит, дистен, корунд, сфен, анатаз и пр.

6. Удельный вес обычный (2,6—2,8). Эти минералы, как правило, в шлихах не концентрируются.

Как при промывке шлиха (особенно в стадии доводки), так и при просмотре надлежит обращать внимание на легко уходящие с лотка минералы 5-й группы (уд. вес 2,8—4,0), куда входят весьма ценные в практическом и научном отношении минералы (алмаз, корунд, топаз и др.). Если по каким-либо причинам подозревается присутствие подобных минералов, сомнительные с этой точки зрения зерна извлекаются (обычно еще в стадии промывки шлиха) и исследуются особо.

## СОСТАВЛЕНИЕ ШЛИХОВОЙ КАРТЫ

Шлиховые карты, прилагаемые к отчетам по геологической съемке, составляются либо в масштабе геологической карты, либо чаще в более крупном (что удобнее при густой сети шлихов). При составлении шлиховой карты не следует ограничиваться задачами только регистрационной карты точек взятия шлихов, как это нередко делают. Надо «активизи-

ровать» ее путем увязки результатов шлихового опробования с магматическими, структурными, литологическими, геоморфологическими и другими признаками, влияющими на рудоносность, чтобы придать ей характер поисково-шлиховой карты (см. рис. 125).

Последняя должна служить главнейшим исходным материалом для проектирования и проведения дальнейших более детальных поисковых и поисково-разведочных работ в районе. В соответствии с этим нагрузка полноценной шлиховой карты должна слагаться из следующих элементов:

1. Непосредственно шлиховая нагрузка.

2. Прямые признаки и проявления рудоносности.

3. Косвенные благоприятные признаки рудоносности.

4. Геологические данные, имеющие отношение к поискам.

5. Некоторые данные по геоморфологии, если к отчету не прилагается специальная геоморфологическая карта.

Рассмотрим коротко каждый из этих элементов.

1. Непосредственно шлиховая нагрузка карты слагается из точек, указывающих место взятия пробы, цифр при них, обозначающих их порядковый номер. Вокруг точек, где обнаружены полезные минералы, описывается окрестность. В последнюю заключается условный знак, показывающий присутствие и количественное содержание данного полезного минерала (или минерала-указателя — топаз, флюорит).

Для изображения кружка служит линия, характер которой (сплошная, прерывистая, пунктирная) указывает на происхождение рыхлого материала (аллювий, элювий-делювий, пролювий и т. д.). Для точек проб, не содержащих полезных минералов, кружки не описываются, и такие шлихи отмечаются просто точкой с номером.

Особенности места взятия пробы обозначаются рядом с кружком либо буквой (к — коса, р — русло, б — борт, с — спай, щ — щетка, т — тер-

Рис. 125. Образец шлиховой карты

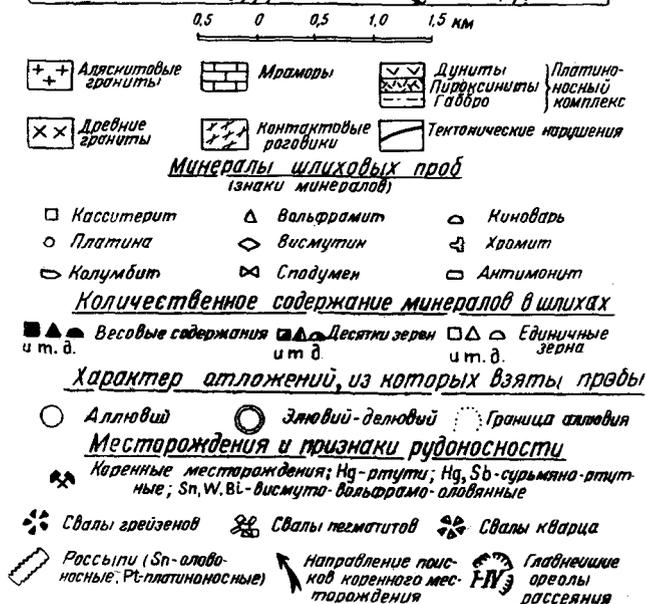
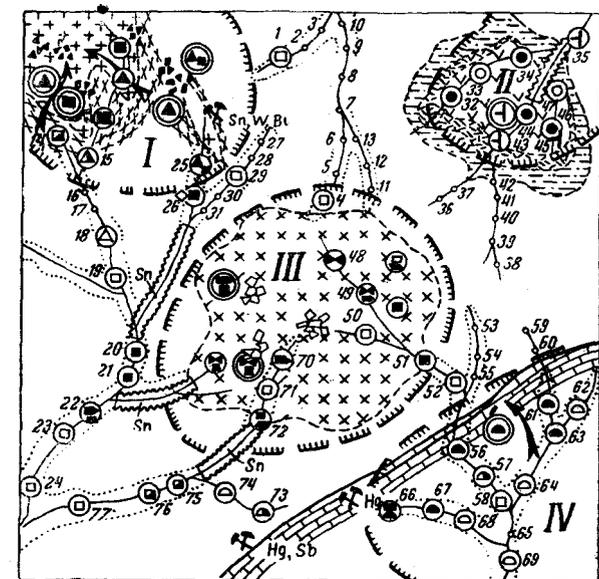


Рис. 125. Образец шлиховой карты

Особенности места взятия пробы обозначаются рядом с кружком либо буквой (к — коса, р — русло, б — борт, с — спай, щ — щетка, т — тер-

раса), либо специальным знаком. Впрочем, на картах малой детальности (1 : 200 000 и мельче) эти обозначения обычно опускаются.

Как можно видеть по прилагаемому образцу (рис. 125), одноцветные карты, как правило, трудно читаются. Поэтому рекомендуется их раскрашивать. Для каждого шлихового минерала — полезного ископаемого выбирается свой цвет, отличный от цвета других минералов. Интенсивная окраска позволяет отчетливо различать знаки минерала на фоне геологической канвы, закрашиваемой в бледные тона.

Способы нанесения, условные обозначения и ряд других деталей оформления шлиховых карт с достаточной подробностью изложены в инструкции, составленной Т. В. Зеeman и М. Л. Лурье (1938).

Группы точек, систематически содержащих тот или иной минерал и относящихся к одной и той же речной системе, должны быть по возможности оконтурены на карте как «ореолы рассеяния... (касситерита, шеелита и т. п.) в аллювии, делювии и т. п.». Каждый из таких ореолов получает свой номер (обычно римская цифра) и подробно описывается в отчете.

При наличии ясных указаний на место возможного нахождения коренного первоисточника, снабжающего шлихи данного ореола минералами из группы полезных ископаемых, в направлении этого источника проводится стрелка-указатель, которая должна сразу же ориентировать поисковика, работающего на основе составленной шлиховой карты.

2. К прямым признакам и проявлениям рудоносности относятся рудники, прииски (действующие и заброшенные), выходы рудных тел на поверхность (как естественные, так и вскрытые горными выработками), свалы и отдельные глыбы руд на склонах, рудная галька в аллювии и т. п. Все эти признаки с исчерпывающей полнотой должны быть нанесены соответствующими условными знаками на шлиховую карту.

3. Особое внимание должно быть уделено картированию всяких косвенных признаков рудоносности в тесной связи с результатами шлихового опробования. К наиболее существенным из этих признаков относятся участки и зоны гидротермальных и пневмогидротермальных изменений и возможных рудовмещающих и околорудных пород (грейзены, скарны, вторичные кварциты, участки хлоритизации, каолинизации, ожелезнения, серицитизации, вкрапленность сульфидов, свалы жильного кварца, участки распространения пегматитовых жил и т. п.).

4. Большую практическую заостренность и «выразительность» шлиховой карте придает перенесение на нее отдельных элементов нагрузки геологической карты, имеющих то или иное отношение к локализации объектов, разыскиваемых с помощью шлихового опробования. Сюда относятся всякого рода продуктивные интрузии, контактовые зоны, литологические горизонты и структуры, контролирующее оруденение, зоны разлома и дробления, «ловушки» и т. п.

5. Наконец, существенное значение имеют учет и нанесение на шлиховую карту некоторых элементов геоморфологии: террасовых отложений, древнего аллювия уже не существующей ныне гидросети, ледниковых отложений и в некоторых случаях границ отдельных участков (зон) гидросети, дающих россыпи существенно различного типа (зональности россыпей по Ю. А. Билибину).

Для карт масштаба 1 : 50 000 обязательно нанесение всех пяти типов нагрузки. При наличии специальной геоморфологической карты, впрочем, можно опустить пятый. Для карт масштаба 1 : 200 000, кроме непосредственно шлиховой нагрузки, обязательно нанесение прямых признаков (группа 2) и частично геологических данных (группа 4). Остальные элементы наносятся в зависимости от наличия соответствующих материалов.

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ДАННЫХ ШЛИХОВОГО ОПРОБОВАНИЯ

Шлиховое опробование при умелом анализе его материалов может дать ряд весьма ценных указаний, не только для локализации ореола рассеяния того или иного типа минерала, но и для определения возможного генетического типа коренного месторождения, а до известной степени также и его масштаба. Во многих случаях это оказывает решающее влияние на оценку месторождения, на выбор методики и определение объема работ по его вскрытию. В других случаях это может предохранить от вложения средств в поиски и разведку заведомо безнадежных объектов.

Из числа данных, получаемых в результате шлихового опробования, особую ценность представляют с этой точки зрения ассоциации шлиховых минералов.

В табл. 15 сделана попытка представить наиболее типичные ассоциации некоторых практически важных шлиховых минералов с учетом генетического типа их коренных месторождений.

Кроме шлиховых минералов, связанных с разрушением непосредственно рудоносных минеральных образований, в шлихах обнаруживают некоторый постоянный «фон» из тяжелых минералов, поступающих за счет выветривания окружающих геологических формаций. Минеральные ассоциации тяжелых минералов (или минералов несколько повышенного удельного веса), свойственных различным типам изверженных и отчасти метаморфических пород, применительно к различным обстановкам золоторудных месторождений даны Ю. А. Билибиным.

### Ассоциация шлиховых минералов, свойственных различным типам пород (по Ю. А. Билибину)

#### 1. Осадочные породы с рудными жилами

Гематит	(Турмалин) <sup>1</sup>
Лимонит	(Рутил)
Барит	(Шеелит)
Пирит	(Сульфиды)

#### 2. Контакты глинистых пород

Кордиерит	(Ставролит)
Андалузит	Шпинель
Турмалин	Корунд
Рутил	(Пирротин)
Гранат	

#### 3. Контакты известковистых пород

Гранаты	Везувиян	Магнетит
Пироксен	Эпидот	Гематит
Амфиболы	Цоизит	Шеелит
(Оливин)	Волластонит	(Сульфиды)
Сфен	Шпинель	
(Аксинит)	(Апатит)	
(Датолит)	Флюорит	

#### 4. Пегматиты и пневматолитовые граниты

Касситерит	Флюорит
Монацит	Берилл
Танталит	Гадолинит
Колумбит	Эвклаз
Вольфрамит	Ксенотим
Шеелит	Висмутин
Турмалин	Мслибенит
Топаз	(Сульфиды)

<sup>1</sup> В скобках — минералы, реже встречаемые в данном типе пород.

## 5. Кислые и средние эффузивы

Магнетит	Ортит
Ильменит	Монацит
Циркон	Гематит
Апатит	Гранат
Анатаз	
Сфен	
(Касситерит)	

## 6. Щелочные интрузивы

Циркон	Флюорит
Сфен	(Эвдиалит)
Апатит	(Розенбушит)
Гранат	
Магнетит	
Перовскит	
Рутил	

## 7. Метаморфические породы

Андалузит	Эпидот
Силлиманит	Цоизит
Дистен	Корунд
Ставролит	
Кордиерит	
Пироксены	
Амфиболы	
Гранаты	

Наконец, следует остановиться на одной специфической ассоциации шлиховых минералов. Последняя наблюдается в продуктах перемыва древних рыхлых отложений, претерпевших весьма интенсивное выветривание и нередко приуроченных к современным междуречным пространствам. В результате выветривания галька силикатных и других относительно малоустойчивых пород полностью разлагается и рыхлые отложения превращаются в глинистую (каолиновую) массу, включающую гальку особо крепких и химически устойчивых пород (кварца, яшм, кварцитов и т. п.). Кроме того, в результате выветривания в таких рыхлых отложениях происходит накопление вполне определенной ассоциации «сверхустойчивых» тяжелых минералов, к числу которых можно отнести ильменит, хромит и хромшпинелиды, алмаз, а в некоторых случаях также золото и деревянистое олово. Ассоциация первых трех минералов в этом случае должна привлекать к себе особое внимание, так как в некоторых зарубежных россыпных месторождениях первоисточником промышленной алмазности являются именно такие интенсивно выветрелые древние рыхлые отложения, с характерной ассоциацией исключительно высокоустойчивых минералов.

Практическое значение указанных парагенетических ассоциаций шлиховых минералов едва ли нужно подробно разъяснять. Приведем только несколько примеров. Так, ассоциация хромита, магнетита, ильменита и шпинели в районе развития ультраосновных пород указывает на возможность обнаружения месторождения платины и платиноидов. Постоянное совместное присутствие в шлихах касситерита с тантало-ниобатами, лепидолитом, сподуменом и монацитом почти однозначно решает вопрос о принадлежности коренного месторождения касситерита к оловоносным пегматитам. Так как давно известно, что коренные месторождения олова такого генетического типа мало надежны (во многих случаях практически интересны только россыпи, образовавшиеся за счет разрушенных пегматитов), мы тем самым получаем и определенные указания для проектирования методики и объема дальнейших поисковых работ.

В зависимости от спутников, сопровождающих шеелит в шлихах, геолог при поисках коренного месторождения направит свое внимание либо

Группа	Полезное ископаемое и его генетический тип	Сопутствующие минералы	Породы, вмещающие полезное ископаемое	Примечание
1	Платина, иридий, осмистый иридий, палладий	Пикотит, плеонаст, ильменит, оливин, хромит, магнетит, иногда алмаз	Ультраосновные породы (дунит, перидотит, серпентинит и др.)	
2	Касситерит а) Пегматитовый тип б) Кварцево-касситеритовый тип в) Сульфидно-касситеритовый тип	Тантало-ниобаты, лепидолит, сподумен, турмалин, монацит, иногда молибденит, вольфрамит Вольфрамит, топаз, турмалин, флюорит, берилл, шеелит, висмут, базобисмутит Сульфиды (вблизи коренного месторождения), турмалин, железистый хлорит, магнетит, гранат, лимонит	Пегматитовые жилы Кварцевые жилы, грейзены Кварцевые жилы, кварцево-турмалино-хлоритовые породы, скарны, различные гидротермальные породы	
3	Шеелит а) Тип золотоносных кварцевых жил б) Скарновый тип	Золото, сульфиды (вблизи коренного месторождения) Гранаты, пироксены, сульфиды (вблизи коренного месторождения, в особенности молибденит), амфиболы, везувиан	Кварцевые жилы Скарны, зоны контактов карбонатных пород и гранитов	
4	Берилл	Флюорит, хризоберилл, лепидолит, сподумен, фенацит, топаз, турмалин, вольфрамит, колумбит, корунд, касситерит	Пегматитовые жилы и линзы	Сам берилл очень редко попадает в шлих. Тем большее значение приобретает знание ассоциации сопровождающих его шлиховых минералов
5	Киноварь	Флюорит, золото, сульфиды (вблизи коренного месторождения), самородная ртуть	Кварцево-карбонатные жилы и породы. Вкрапленность в песчаниках	Золото сопутствует киновари лишь в некоторых типах
6	Алмаз	Ильменит, магнетит, платина, хромит, пикотит, пироп. Вблизи коренных месторождений также оливин и серпентин	Ультраосновные изверженные породы, базальтоидные породы	

на контакты гранитоидов с карбонатными породами, либо на золотоносные кварцевые жилы, обычно удаленные от контакта с гранитоидами. Ассоциации шлиховых минералов, свойственные определенным геологическим комплексам, контролируют геолога-съемщика (в особенности при съемке масштаба 1 : 200 000), не пропущены ли участки развития пород данного комплекса, расположенные между маршрутами или не отмеченные по другим причинам.

Весьма ценные материалы для суждения о возможном генетическом типе коренного месторождения дает изучение формы кристаллов, цвета

и химического состава шлиховых минералов. Так, известно, что касситерит пегматитовых месторождений чаще имеет дипирамидальный, более или менее изометричный облик или слабую вытянутость по ребру [101]. Двойники редки. В месторождениях кварцево-касситеритового и сульфидно-касситеритового типов кристаллы по внешнему виду различаются значительно хуже. Все же в сульфидно-касситеритовом типе гораздо чаще встречаются сильно вытянутые по 3-й оси индивиды, вплоть до шестоватых и игольчатых образований.

Попытку увязать кристаллическую форму корунда с генетическими типами его коренных месторождений сделал К. Н. Озеров. Так, корунд из плагиоклазитов и марундитов имеет пирамидальную форму. Корунд из кианито-корундовых (связанных с гнейсовым комплексом) и андалузито-корундовых (вторичные кварциты) пород имеет толстотаблитчатый (пинакоидальный) облик. Резкое преобладание в шлихах колломорфного касситерита (деревянистого олова) над обычным тетрагональным касситеритом при широком развитии в районе кислых эффузивов заставляет предполагать так называемый «риолитовый» генетический тип коренного месторождения.

Еще более отчетливо генетический тип оловорудного месторождения сказывается на размере (поперечнике) зерен касситерита. Для пегматитового касситерита характерны крупные зерна (от нескольких миллиметров до 1—1,5 см), для кварцево-касситеритового типа — столь же и иногда еще более крупные (вес отдельных кристаллов нередко достигает нескольких сот граммов). Касситерит же гидротермальных сульфидно-касситеритовых месторождений, как правило, характеризуется малым поперечником зерен (от нескольких микронов до 2—3 мм).

Очень ценные указания на возможный генетический тип коренного месторождения может дать химическое и, в особенности, спектрохимическое исследование шлиховых минералов.

Изучение с этой точки касситеритов (исследования А. М. Болдыревой, Я. Д. Готмана, М. И. Ициксона и др.) обнаруживает, что касситериты пегматитов наиболее обогащены ниобием и танталом<sup>1</sup>. Касситериты сульфидно-касситеритовых месторождений тантала не содержат (в пределах чувствительности спектроанализа), обеднены ниобием или вовсе не содержат ниобия и заметно обогащены вольфрамом и индием.

Увязка некоторых особенностей касситерита в шлихах и генетического типа возможных коренных месторождений его дана в виде схемы на рис. 126.

Химия и спектрохимия других (кроме касситерита) шлиховых минералов также бросает свет на условия образования коренных месторождений и дает возможность решать ряд других практических важных вопросов. В частности, большое значение имеет серебристость золота. Сильно серебристое (низкопробное) золото свойственно преимущественно низко-температурным коренным месторождениям.

Кроме того, следует иметь в виду, что проба золота из россыпей всегда будет выше, чем проба металла из соответствующих им золоторудных месторождений. При этом, чем дальше россыпь удалена от коренного месторождения, тем выше в ней проба золота.

За рубежом, повидимому не без успеха, пытались использовать наличие в шлиховом золоте фиксируемых спектрографом примесей олова и ртути для поисков соответствующих (оловорудных и ртутных) месторождений.

Очень важное значение для установления коренного месторождения, а также для оценки россыпных объектов по данным шлихового опробова-

<sup>1</sup> Новейшие исследования Ив. Ф. Григорьева и Е. И. Долмановой доказывают, что эти примеси обусловлены наличием в касситерите тончайших вростков колумбита и других минералов (Тр. Минералог. музея АН СССР, вып. 3, 1951).

ния имеет вопрос о возможной длине относа минерала, т. е. о расстоянии от первоисточника до места взятия шлиха (иногда это расстояние называют элонгацией). Здесь, кроме твердости минерала, играют роль спайность, вязкость, форма кристаллов и, что особенно важно, крепость (устойчивость по отношению выветривания) жильной породы, содержащей полезный минерал. Расстояние относа зависит также от уклона продольного профиля и ширины той долины, куда поступает рыхлый материал из делювия. Общая теория зависимости длины относа от перечисленных выше факторов еще не разработана. Имеются лишь эмпирические данные по некоторым минералам.

Так, промышленные россыпи касситерита, как правило, не уходят далее 5—8 км от своего коренного источника, чаще это расстояние составляет 2—3 км, лишь в исключительно редких случаях оно достигает 15 км. В благоприятном случае (крепкие жильные породы) разрозненные зерна (знаки) касситерита рассеиваются в аллювии на расстоянии первых десятков километров от первоисточника.

Для деревянистого олова, исключительно вязкого и физически устойчивого, ореолы расстояния вокруг первоисточника во многих случаях, видимо, значительно превышают указанные цифры.

Вольфрамит, обладающий хорошей спайностью, слабо выдерживает транспортировку, и промышленные россыпи его располагаются в непосредственной близости от коренных месторождений. В 6—8 км (а чаще еще ближе) от коренного месторождения исчезают малейшие признаки наличия вольфрамитов в аллювии.

Золото выдерживает длительную транспортировку и в золоторудных районах в тех или иных количествах повсеместно присутствует в аллювии. Ю. А. Билибин указывает, что тонко распыленное, так называемое «косовое», золото может уходить на несколько сот километров от своего коренного источника. Однако, как правило, ценные россыпи золота концентрируются неподалеку от своих первоисточников.

С этой точки зрения при шлиховом опробовании весьма важно обращать внимание на степень окатанности (потертости) шлиховых минералов и, в особенности, на наличие и характер сростков шлихового минерала с другими минералами или вмещающей породой. Эти сростки рекомендуются искать не только при лабораторном исследовании шлиха, но и главным образом еще в стадии промывки в лотке. Частая встречаемость сростков, при преобладании в шлихе неокатанного, сохранившего свои кристаллографические очертания минерала — полезного ископаемого, однозначно указывает на близость коренного месторождения. Вместе с тем познание состава и характера породы в сростке часто дает ценные указания для поисков коренного месторождения или, в благоприятном случае, даже для определения места его нахождения. Кроме того, вполне естественно, что рудовмещающая порода часто дает непосредственный материал для оценки генетического типа коренного месторождения.

Особенности	Генетические типы		
	Пегматитовый	Кварцево-касситеритовый	Сульфидно-касситеритовый
Крупность зерна			
Габитус, чаще наблюдаемый	Более или менее изометрический	Коротко-столбчатые	Игольчатый шестоватый призматический
Цвет	Черный, темно-бурый	Более светлые цвета, часто прихристая окраска	
Удельный вес	7,1	6,8	
Некоторые элементы-примеси (по данным химических и спектральных анализов)	Ta	Nb	Jn
Характерные парагенезисы	Колумбит, танталит, лавулолит, сподумен, малакхит, вольфрамит	Вольфрамит, топаз, турмалин, флюорит, берилл, шеллит, висмут	Сульфиды, турмалин, железистый хлорит, магнетит, графит

Рис. 126. Некоторые физические и химические свойства шлихового касситерита в зависимости от генетического типа коренных месторождений

Чтобы правильно оценить результаты шлихового опробования, необходимо в каждом случае ясно представлять себе тип опробуемых рыхлых отложений и точно документировать их в месте взятия шлиха. Ошибки здесь могут иметь роковые последствия.

Пример 1. При съемке масштаба 1 : 200 000 рыхлые отложения делювиального происхождения ошибочно определены как террасовые (высокая терраса). Вследствие этого поиски коренного месторождения ведутся выше по течению реки, а на самом деле оно осталось в борту долины над местом взятия шлиха.

Пример 2. При съемке масштаба 1 : 50 000 опробование косовых и русловых отложений обнаруживает систематическое содержание в них полезного минерала. Для нахождения источника сноса вдоль бортов долины в нижней части склонов проходят мелкие копуши, предполагая опробовать делювий склонов. На самом деле этими копушами опробуется борт верхней террасы, не содержащий искомого минерала. Коренное месторождение осталось в верхней части склона.

Поэтому успех шлихового опробования во многом зависит от того, насколько геолог сумеет правильно ориентироваться в особенностях геологической и геоморфологической обстановки и в какой степени он сможет к тому же подготовить технический персонал, непосредственно производящий опробование.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. ГОНТИ, 1938.  
Зееман Т. В. и Лурье М. Л. Инструкция по составлению шлиховых карт. ГОНТИ, 1938.  
Копченова Е. В. Минералогический анализ шлихов. Госгеолиздат, 1951.  
Остроменцкий Н. М. и Косов Б. М. Олово. Оценка месторождений при поисках и разведках, вып. 2. Госгеолиздат, 1949.  
Рейборн К. и Мильнер Г. Поиски и разведка аллювиальных месторождений. ОНТИ, 1933.  
Сасим П. С. Методика сбора и обработка шлихов. Зап.-Сиб. ГРТ, 1934.  
Сигов А. П. Шлиховые изыскания. Тр. Уральского научн.-иссл. инст. геологии, разведок и исследования мин. сырья, вып. 4, 1939.  
Ферман А. Е. Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. (С. Д. Попов «Шлиховой метод»). АН СССР, 1939.  
Флеров Б. Л. К методике поисков коренных месторождений олова. Сов. геология, сб. 1, 1938.  
Чуева М. Н. Минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. Госгеолиздат, 1950.

## ГЛАВА XI

### ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ<sup>1</sup>

#### ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Возможность применения геофизических методов при геологической съемке основана на различии физических свойств горных пород. Современные технические средства позволяют отмечать на поверхности Земли или в воздухе слабые изменения физических полей (магнитного, гравитационного, электрического), вызванные присутствием пород или руд, отличных по физическим свойствам от вмещающих пород. Интенсивность и форма физических полей, создаваемых породами или рудами с различными физическими свойствами, используются для заключений о глубине залегания, размерах и форме тел, вызывающих изменения в нормальном распределении поля. Эти изменения полей обычно называются аномалиями (соответственно магнитными, гравитационными, электрическими).

Ниже приводятся краткие сведения о магнитных свойствах, плотности и электрическом сопротивлении наиболее распространенных горных пород. Эти сведения могут дать общую ориентировку для решения вопроса о применимости геофизических методов в комплексе или в отдельности при геологической съемке. Значительные диапазоны изменений физических свойств пород одного наименования указывают на то, что в каждом отдельном случае требуются более точные сведения о физических свойствах пород изучаемого района. Различие упругих свойств пород, на котором основано применение сейсмического метода, не рассматривается здесь, так как этот метод обычно применяется лишь при поисково-разведочных, а не геолого-съемочных работах.

#### МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА

Интенсивность магнитных аномалий зависит от интенсивности намагничения тела, размеров тела и положения в пространстве относительно точки наблюдения.

Интенсивность намагничения  $I$  представляет собой векторную величину, в общем случае состоящую из суммы двух векторов: вектора намагничения  $I_i$ , вызванного намагничением данного тела земным магнитным полем, и вектора остаточного намагничения  $I_r$ , являющегося следствием более интенсивного намагничения тела в иных условиях, чем современные. Вектор  $I_i$  в первом приближении определяется как величина, пропорциональная намагничивающему земному полю  $T$ , т. е.  $I_i = \kappa T$ , где  $\kappa$  — коэффициент пропорциональности, называемый магнитной восприимчивостью. Отсюда следует, что для определения  $\vec{I} = \vec{I}_i + \vec{I}_r$  нужно знать

<sup>1</sup> Глава XI отредактирована и дополнена А. А. Логачевым.

$I_r$  и  $I_i$ . Вектор  $I_r$  меняется от практически незаметной величины до значений, в несколько раз превышающих  $I_i$ . Для упрощения расчетов предполагается, что вектор  $I_r$  по направлению совпадает с  $I_i$ , хотя известны случаи, когда направления их противоположны (Ангаро-Илимские аномалии).

Для приближенной оценки возможной интенсивности аномалии над магнитными горными породами пользуются приближенной формулой, справедливой для случая, когда угол видимости выхода пласта (массива) из точки наблюдений близок к  $180^\circ$ . В этом случае напряженность вертикальной составляющей  $Z$  аномального поля будет:

$$Z_a = 2\pi I.$$

Той же формулой пользуются для грубой оценки интенсивности ожидаемой аномалии и в тех случаях, когда угол видимости сильно отличается от угла  $180^\circ$ .

Например, известно, что  $\chi = 600 \cdot 10^{-6}$  CGSM,  $I_r : I_i = 1,5$ . Полагая, что намагничивающее поле  $T \approx 0,5$  э и что  $I_r$  совпадает с  $I_i$ , получим:

$$Z_a = 2\pi (600 \cdot 0,5 + 1,5 \cdot 600 \cdot 0,5) \cdot 10^{-6} \approx 4500 \cdot 10^{-6} = 470 \gamma.$$

Полученное значение рассматривается как возможное наибольшее значение аномалии, если исходные данные относительно  $\chi$  и  $I_r$  достоверны.

Значительная интенсивность намагничивания горных пород объясняется присутствием в составе пород сильно магнитных минералов, к числу которых относятся магнетит, титаномагнетит, гематит, пирротин.

Магнитная восприимчивость магнетита из различных месторождений и различного генезиса колеблется, по данным многочисленных измерений, от 0,1 до 1,0 CGSM и редко выходит за эти пределы.

Магнитная восприимчивость титаномагнетита также сильно меняется, по имеющимся определениям, от  $(20\ 000 - 30\ 000) \cdot 10^{-6}$  до  $100\ 000 \cdot 10^{-6}$  CGSM и редко больше. Это можно объяснить в первую очередь тем, что примесь относительно слабо магнитного ильменита в титаномагнетитах количественно резко колеблется.

Гематит существует в магнитных и немагнитных модификациях, причем в ряде случаев магнитным оказывается мартит (магхемит), происшедший путем окисления магнетита.

По единичным определениям ВСЕГЕИ, магнитная восприимчивость мартитизированного магнетита равна 0,03 CGSM; по другим определениям, она колеблется от  $(100 - 200) \cdot 10^{-6}$  до  $(2000 - 4000) \cdot 10^{-6}$  CGSM, а иногда достигает  $(15\ 000 - 20\ 000) \cdot 10^{-6}$  CGSM.

Магнитная восприимчивость пирротина меняется от  $20\ 000 \cdot 10^{-6}$  до  $80\ 000 \cdot 10^{-6}$  CGSM. Встречались образцы с восприимчивостью 0,3—0,4 и даже 1,0 CGSM.

Магнитные свойства других распространенных минералов мало изучены. Приблизительные значения величины  $\chi$  для некоторых из них приведены в табл. 16.

Таблица 16

Минерал	Магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^6$	Минерал	Магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^6$
Роговая обманка	50—400	Лимонит	100—150
Авгит	20—150	Пирит	20—150
Гранат	100—200	Халькопирит	100
Оливин	0	Арсенопирит	100—200
Турмалин	50—100	Пирролюзит	500—600
Серпентин	250	Сфалерит	250
Биотит	100—200	Галенит	0
Флогопит	200	Сидерит	450
Кварц	0		

Магнитная восприимчивость горных пород весьма резко колеблется даже в пределах одних и тех же групп петрографической классификации. Это и понятно, если учесть случайную примесь ферромагнитных минералов, степень сохранности последних и другие факторы. Поэтому предварительные суждения о вероятной интенсивности намагничивания тех или иных пород могут служить лишь для ориентировки.

Осадочные породы, за отдельными исключениями, практически немагнитны. Это видно достаточно наглядно из табл. 17.

Таблица 17

Породы	Практически немагнитные $\chi < 30 \cdot 10^{-6}$	Очень слабо магнитные $\chi = (30 - 100) \cdot 10^{-6}$	Слабо магнитные $\chi = (100 - 1000) \cdot 10^{-6}$	Магнитные $\chi = (1000 - 5000) \cdot 10^{-6}$	Сильно магнитные $\chi > 5000 \cdot 10^{-6}$
Известняки	●	—	—	—	—
Доломиты	●	—	—	—	—
Песчаники	●	○	○	○	—
Глины	●	○	○	○	—
Гипс	●	—	—	—	—

● — встречаются часто; ○ — встречаются реже; — — не встречаются.

Благодаря своей устойчивости в условиях выветривания магнетит оказывается частой примесью в аллювиальных отложениях и является причиной магнитности последних, особенно в местах скопления тяжелых минералов.

Для ориентировки в наиболее часто встречающихся величинах магнитной восприимчивости изверженных пород может служить табл. 18.

Таблица 18

Породы	Практически немагнитные $\chi < 30 \cdot 10^{-6}$	Очень слабо магнитные $\chi = (30 - 100) \cdot 10^{-6}$	Слабо магнитные $\chi = (100 - 1000) \cdot 10^{-6}$	Магнитные $\chi = (1000 - 5000) \cdot 10^{-6}$	Сильно магнитные $\chi > 5000 \cdot 10^{-6}$
Граниты	●	○	○	—	—
Гранодиориты	—	—	●	●	—
Кварцевые порфиры	●	—	—	—	—
Сениты	●	○	○	○	—
Габбро	—	○	○	●	○
Диабазы	○	○	○	●	●
Порфириды	○	—	—	●	—
Базальты	—	—	●	●	—
Перидотиты	—	—	○	●	●
Змеевики	—	—	○	●	●
Амфиболиты	●	○	○	—	—

● — встречаются часто; ○ — встречаются реже; — — не встречаются.

Метаморфические породы по магнитности весьма разнообразны. В тех случаях, когда они представляют собой измененные осадочные породы и лишены магнитных примесей, они не отличаются по магнитной восприимчивости от соответствующих им первичных осадочных пород. Привнос магнитных минералов всегда влечет повышение магнитной восприимчивости.

Результаты измерений величины остаточного намагничивания по рассмотренным группам горных пород не приводятся вследствие большого разнообразия имеющихся данных. Как общее правило, отношение  $I_r : I_i$  оказывается значительным у тех магнитных пород, которые в процессе образования проходили через высокие температуры.

Различие в плотности горных пород является физическим основанием гравиразведки. Изучение плотности пород необходимо как для обоснования применения этого метода, так и для геологического истолкования гравитационных карт.

К настоящему времени накоплено большое количество определений плотности, которое позволяет сделать некоторые обобщения (табл. 19, составленная по данным Н. Н. Самсонова). Однако самым надежным путем для суждения о плотности остается массовое опробование местных пород в различных районах.

Таблица 19

Породы	Плотность			Породы	Плотность		
	мин.	макс.	средн.		мин.	макс.	средн.
<b>I. Кристаллические</b>				<b>2. Органогенные и гидрoхимические</b>			
<b>1. Основные</b>				Известняки, доломиты, мрамор			
Базальты	2,6	3,3	3,0	2,3	3,0	2,7	
Габбро	2,7	3,4	3,0	1,8	2,6	2,2	
Перидотиты	2,6	3,6	3,2	Ангидрит	2,9	3,0	3,0
				Гипс	2,2	2,4	2,3
				Каменная соль	2,0	2,2	2,1
				Уголь	1,2	1,7	—
<b>2. Кислые</b>				<b>III. Руды</b>			
Гнейсы	2,4	3,4	2,8	Гематит	5,1	5,2	5,1
Граниты	2,4	3,0	2,7	Корунд	3,9	4,0	3,9
Порфиры	2,3	2,8	2,6	Магнетит	4,8	5,2	4,9
				Титаномагнетит	4,5	5,0	4,7
				Марганец	3,4	6,0	4,7
<b>II. Осадочные</b>				Медный колчедан			
<b>1. Терригенные</b>				Пирротин			
Глины	1,5	2,2	1,9	Хромит	4,3	4,8	4,6
Пески	1,4	2,0	1,7	Шеелит	3,2	4,4	3,7
Глинистые сланцы	2,1	2,8	2,4	Барит	5,9	6,2	6,0
Песчаники	2,1	2,8	2,4	Пирит	4,4	4,7	4,5
					4,9	5,0	4,9

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Методы постоянного тока, применяемые при геологических исследованиях, основаны на различии величины  $\rho$  — удельного электрического сопротивления различных геологических объектов при прохождении через них постоянного электрического тока.

По величине электрического сопротивления в особую группу необходимо выделить минералы и минеральные агрегаты, являющиеся хорошими проводниками электрического тока. Сюда относятся в первую очередь рудные минералы: ковеллин, борнит, пирротин, халькопирит, галенит, магнетит, титаномагнетит, арсенопирит, пирит и марказит. Хорошо проводят электрический ток антрацитовые угли, графит, шунгит и некоторые каменные и бурые угли. В отдельных случаях сравнительно хорошими проводниками оказываются некоторые разновидности касситерита, гематита, вольфрамита и марганцевых руд. Высоким электросопротивлением обладают обычно сфалерит, молибденит, реальгар, аурипигмент, буланжерит и др.

Данные измерений показывают, что электропроводность одних и тех же хорошо проводящих минералов сильно колеблется даже для различных монокристаллов, повидимому вследствие наличия различных примесей. Еще в большей степени неоднородность сопротивления наблюдается в зернистых агрегатах минералов-проводников.

Породы	Количество определений	Условия определения	Удельное электрическое сопротивление $\rho$ в ом·м	
			среднее	пределы изменения
Амфиболиты	5	В лаб.	(2—4)·10 <sup>4</sup>	1·10 <sup>3</sup> —1·10 <sup>5</sup>
Ангидриты	—	В поле	—	1·10 <sup>4</sup> —1·10 <sup>6</sup>
Аргиллиты	—	" "	—	1·10 —6·10
Алевриты	—	" "	(4—6)·10	—
Базальты	—	" "	—	1·10 —3·10 <sup>2</sup>
Габбро	—	" "	—	5·10 <sup>2</sup> —1·10 <sup>5</sup>
"	4	В лаб.	7·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>2</sup> —1·10 <sup>5</sup>
Глины	5	" "	5·10	2·10 <sup>3</sup> —2·10 <sup>4</sup>
"	—	В поле	—	—
Глины карбонатные	—	" "	—	8·10 <sup>-1</sup> —2·10
Глинисто-песчаные наносы	—	" "	—	3—3·10
Гнейсы	19	В лаб.	3·10 <sup>3</sup>	2·10—5·10
"	—	В поле	—	3·10—9·10 <sup>4</sup>
Граниты	—	" "	—	5·10 <sup>2</sup> —1·10 <sup>4</sup>
Диабазы	16	В лаб.	8·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>2</sup> —1·10 <sup>5</sup>
"	—	В поле	—	5·10 <sup>2</sup> —1·10 <sup>5</sup>
Диориты	7	В лаб.	2·10 <sup>4</sup>	5·10 <sup>3</sup> —7·10 <sup>4</sup>
Доломиты	134	В горн. выпр.	(1—5)·10 <sup>4</sup>	7·10 <sup>3</sup> —1·10 <sup>5</sup>
Известняк	25	В поле	5·10 <sup>3</sup>	5·10 <sup>1</sup> —5·10 <sup>3</sup>
"	102	В горн. выпр.	(1—5)·10 <sup>4*</sup>	4·10 <sup>1</sup> —3·10 <sup>4</sup>
"	24	" "	(1—5)·10 <sup>5*</sup>	4·10 <sup>2</sup> —9·10 <sup>4</sup>
Известняк рыхлый	—	В поле	—	3·10 <sup>3</sup> —9·10 <sup>5</sup>
плотный	—	" "	—	2·10 —2·10 <sup>2</sup>
Кварцево-хлоритовые сланцы	91	В горн. выпр.	(1—5)·10 <sup>3*</sup>	5·10 —5·10 <sup>3</sup>
Кварцево-серицитовые сланцы	58	" "	(1—5)·10 <sup>3*</sup>	30—1·10 <sup>5</sup>
Кварцево-альбитовые порфиры	25	" "	(1—5)·10 <sup>3*</sup>	30—6·10 <sup>4</sup>
Конгломераты	—	В поле	—	90—2·10 <sup>4</sup>
Мергели	—	" "	—	2·10 —2·10 <sup>3</sup>
Мрамор	—	В лаб.	5·10 <sup>3</sup>	5—5·10 <sup>3</sup>
Нориты	3	" "	2·10 <sup>5</sup>	9·10 <sup>2</sup> —1·10 <sup>4</sup>
Пески	2	" "	—	8·10 <sup>3</sup> —4·10 <sup>5</sup>
"	—	В поле	—	3·10 <sup>-1</sup> —4·10 <sup>4</sup>
Песчаник рыхлый	—	" "	—	4·10 <sup>-1</sup> —1·10 <sup>3</sup>
плотный	—	" "	—	2—5·10 <sup>1</sup>
Пески и песчаники нефте- и газоносные	—	" "	—	20—1·10 <sup>3</sup>
Порфириты	163	В горн. выпр.	(1—5)·10 <sup>3*</sup>	2—1·10 <sup>3</sup>
Сerpентиниты	50	" "	(1—5)·10 <sup>3*</sup>	5·10 <sup>2</sup> —4·10 <sup>4</sup>
Сиециты	4	В лаб.	6·10 <sup>2</sup>	4·10 <sup>2</sup> —1·10 <sup>4</sup>
Скарны	275	В горн. выпр.	(1—5)·10 <sup>3*</sup>	2·10 <sup>2</sup> —1·10 <sup>3</sup>
Сланец глинистый	7	В лаб.	4·10 <sup>1</sup>	10—1·10 <sup>6</sup>
"	—	В поле	—	1·10 <sup>1</sup> —1·10 <sup>2</sup>
Соль каменная	8	В лаб.	—	5·10 <sup>1</sup> —1·10 <sup>3</sup>
"	—	В поле	—	3·10 <sup>2</sup> —10 <sup>12</sup>
Сульфиды (пирит, пирротин, халькопирит и др.)	—	" "	—	1·10 <sup>4</sup> —10 <sup>6</sup>
Антрацит	—	В поле	—	10 <sup>-3</sup> —10 <sup>-1</sup>
Уголь тощий каменный	—	" "	—	10 <sup>-3</sup> —1
" бурый	Много	" "	—	10—5·10 <sup>2</sup>
" крупный	4	В лаб.	3·10 <sup>3</sup>	2·10 <sup>3</sup> —6·10 <sup>3</sup>
Эпидозиты	60	В горн. выпр.	(1—5)·10 <sup>3*</sup>	10—2·10 <sup>2</sup>
Вода рудничная	—	В лаб.	—	1·10 <sup>3</sup> —8·10 <sup>6</sup>
речная	—	" "	—	90—8·10 <sup>4</sup>
ископаемая	—	" "	—	3·10 <sup>-1</sup> и выше
"	—	" "	—	8·10 <sup>1</sup> —2·10 <sup>2</sup>
"	—	" "	—	1·10 <sup>-2</sup> —1·10 <sup>15</sup>

\* Наиболее вероятные значения.

Сплошные руды, сложенные хорошо проводящими минералами, иногда обладают более или менее высоким сопротивлением. Причины этого явления изучены еще недостаточно. Предполагают, что оно обусловлено минералогическими изменениями на контактах зерен, благодаря чему отдельные проводящие зерна как бы обволакиваются непроявляющей или плохо проводящей пленкой. Электропроводность вкрапленных или брекчиевидных руд зависит также от наличия прямой электрической связи между проводящими вкрапленниками или ксеноморфными рудными минералами цемента.

Электрическое сопротивление горных пород, сложенных непроявляющими или плохо проводящими минералами, зависит в основном от пористости пород, количества и степени минерализации воды, заполняющей поры, от температуры и в меньшей степени от сопротивления слагающих породу минералов. В естественном залегании сопротивление геологических объектов зависит еще от трещиноватости пород, а также от наличия влагоемких рыхлых продуктов дробления или выветривания.

Определения величины удельного электрического сопротивления  $\rho$  на образцах горных пород в лаборатории, хотя бы и при максимальном насыщении водой, почти всегда дают завышенные значения по сравнению с измерениями в естественном залегании. Это и понятно, если учесть, что в естественном залегании породы почти всегда расчленены системой трещин, часто в той или иной степени выполненных влагоемкими рыхлыми продуктами, а также если учесть большую минерализацию подземных вод. Поэтому использование результатов лабораторных определений возможно лишь для ориентировочных относительных суждений при проектировании работ. В процессе полевых геофизических работ обязательно должны производиться замеры непосредственно на доступных обнажениях, в горных выработках или буровых скважинах.

Для ориентировки в величинах удельного электрического сопротивления некоторых главнейших типов горных пород, а также различно минерализованных вод может служить табл. 20 (по данным Л. Я. Нестерова, В. Н. Дахнова, Г. А. Череманского и др.).

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ РЫХЛОГО ПОКРОВА И ВЫЯВЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ПОЛОГОПАДАЮЩИХ КОНТАКТОВ

Различие в электропроводности между однородными рыхлыми породами и подстилающими их коренными породами позволяет успешно применять для определения мощности наносов один из методов сопротивлений — вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ).

Рыхлые, насыщенные влагой четвертичные образования обычно обладают меньшим электрическим сопротивлением, чем плотные коренные породы. Менее увлажненные или сухие наносы менее электропроводны, чем влагоемкие глинистые образования, пористые песчаники с минерализованной водой и тому подобные породы. Соотношение электропроводности наносов и коренных пород необходимо выяснять на первом этапе работ постановкой ВЭЗ на изученных участках с аналогичными условиями, близ буровых скважин, если таковые имеются в районе, используя данные каротаж.

Меняя разности питающих электродов  $AB$  в четырехэлектродной схеме  $AMNB$ , можно измерять величину кажущегося электрического сопротивления  $\rho_k$  на различных глубинах. Техника неглубоких зондирований несложна и вполне посильна геофизическому отряду геолого-съёмочной партии. Производительность работ этим методом может составить при небольших разносах до 8—15 ВЭЗ за 8-часовой рабочий день в зависимости от величины  $AB$ , сети съёмки и условий местности.

Вертикальное зондирование можно применять только для отбивки контактов между горизонтальными или пологопадающими породами (с углами падения не более 15—20°).

Наличие сведений об электрических сопротивлениях пород района, при отсутствии осложняющих обстоятельств, дает возможность вычислить глубины с помощью готовых палеток.

Причинами, искажающими результаты ВЭЗ, могут явиться резкий рельеф, близость крутых обрывов и склонов, а также близкое расположение вертикального контакта или зоны резко отличных по сопротивлению измененных пород. При определении мощности наносов осложнения могут возникать также в случаях, когда наносы весьма неоднородны, когда они представлены плохо проводящим материалом, мало отличающимся по сопротивлению от плотных подстилающих пород (сухие крупнообломочные осыпи, сухие пески, некоторые типы ледниковых отложений и пр.), или, наоборот, когда не отличимы по сопротивлению от рыхлых и увлажненных минерализованной водой нижележащих пород. В большинстве других случаев рельеф кровли коренных пород хорошо прослеживается с помощью ВЭЗ.

Для ориентировки в величинах мощности наносов большей частью оказывается достаточной постановка небольших серий ВЭЗ. При детальных же съемках, когда требуется выяснить площадное распространение наносов неоднородной мощности, пункты зондирования следует располагать по более или менее равномерной сети, избегая при этом искажений, связанных с близостью источников, отмеченных выше, а также зданий, подземных трубопроводов и металлических конструкций и т. п.

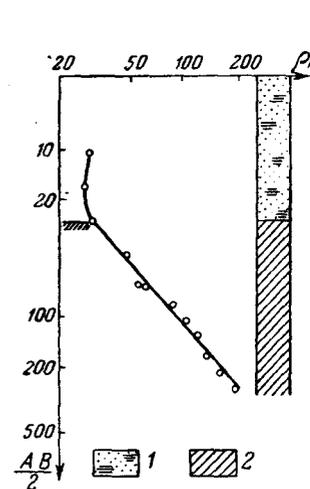


Рис. 127а. Кривая  $\rho_k$   
1 — рыхлые влагонасыщенные песчано-глинистые отложения;  
2 — палеозойские сланцы

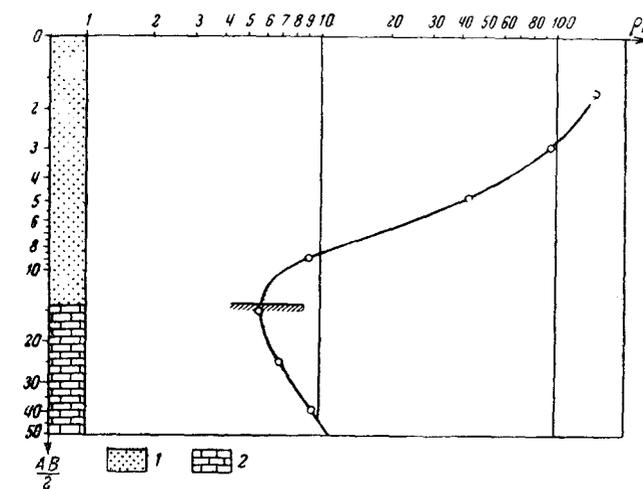


Рис. 127б. Кривая  $\rho_k$   
1 — аллювий; 2 — плитняковые известняки кунгура (трещиноватые, кавернозные, насыщенные сильно минерализованной водой)

На рис. 127а и 127б приведены для примера простейшие кривые  $\rho_k$ , построенные, как обычно, в логарифмическом масштабе по данным ВЭЗ, а также дана их геологическая интерпретация (графики взяты из практики работ, проводившихся ВСЕГЕИ). Частные случаи построения разрезов по результатам ВЭЗ приведены также на рис. 128 и 129.

С помощью ВЭЗ решается вопрос о подземном рельефе кристаллических пород, перекрытых рыхлой осадочной толщей. Расчленение самой осадочной толщи на отдельные горизонты также удается

осуществлять с помощью ВЭЗ в тех случаях, когда контактирующие слои однородны, в достаточной степени различимы по электропроводности и залегают горизонтально или весьма полого. Маломощные или близкие по электрическим свойствам к подстилающим и перекрывающим породам горизонты на кривых обычно не проявляются. Расчленение исследуемой толщи по электропроводности часто (хотя далеко не всегда) соответствует стратиграфическому. Необходимо, однако, учитывать, что фашиально различные или в разной степени влагонасыщенные слои одного возраста могут дать на графиках ВЭЗ дополнительные границы раздела.

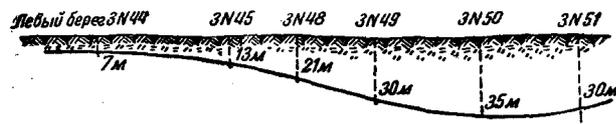


Рис. 128. Профиль коренного ложа речных отложений, построенный по данным электробурения

Значительно облегчает задачу построения геологических разрезов по данным ВЭЗ наличие хотя бы одного горизонта, резко выделяющегося по электропроводности сравнительно с остальными (особенно с первым вышележащим), т. е. наличие маркирующего горизонта. Такими могут оказаться, например, следующие горизонты: сильно пористые породы, насыщенные минерализованной водой; увлажненные глины; хорошо проводящие угольные пласты или, наоборот, обладающие высоким электропротивлением сильно окварцованные породы; мраморизованные известняки, а в отдельных случаях и межпластовые инъекции изверженных пород.

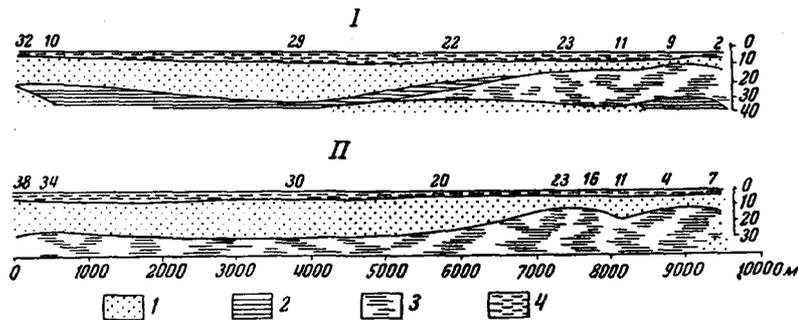


Рис. 129. Разрез по руслу р. Волги в районе Долматово — Норское

I — по данным механического бурения; II — по данным электробурения: 1 — песок, 2 — глина, 3 — ил, 4 — вода

При наличии маркирующего горизонта методом ВЭЗ удается проследить пологое погружение осей или крыльев складчатых и куполовидных структур, определять амплитуды сбросов и т. д. В последних случаях хорошие результаты можно получить путем комбинации электропрофилирования с вертикальным зондированием.

Следует еще раз подчеркнуть, что для правильной интерпретации кривых ВЭЗ совершенно необходима предварительная оценка величины  $R_k$  для различных горизонтов изучаемого разреза. С этой целью можно проводить ВЭЗ на ранее изученных частях разреза, особенно вблизи буровых скважин, кароттировать имеющиеся скважины, производить параметрические замеры в глубоких и свежих поверхностных выработках или, в крайнем случае, на известных естественных обнажениях.

## ПРОСЛЕЖИВАНИЕ КРУТОПАДАЮЩИХ КОНТАКТОВ ПОД РЫХЛЫМ ПОКРОВОМ

Выбор метода для выявления и прослеживания границ распространения пород под наносами зависит от соотношения физических свойств контактирующих пород. Если с одинаковой технической целесообразностью могут быть использованы магнитный, гравитационный и электрический методы, предпочтение должно быть отдано первому, как более производительному, простому, менее трудоемкому.

Распространенность магнитных минералов, особенно магнетита, как более или менее существенной примеси в различных изверженных, метаморфических, а иногда и осадочных породах обуславливает довольно значительное количество удачных для магниторазведки сочетаний при прослеживании контактов. Ориентировочно о возможности расчленения пород, распространенных в районе съемки, по вызываемым ими нарушениям магнитного поля (магнитным аномалиям) геолог может судить, пользуясь приведенными выше табл. 17 и 18 или подвергая простейшему испытанию (с помощью чувствительной магнитной стрелки) имеющиеся образцы. Для испытания слабо магнитных пород необходимо пользоваться достаточно чувствительными магнитометрами.

На различную магнитность пород лучше всего могут указывать определения магнитных свойств способами, указанными в «Курсе магниторазведки» (А. А. Логачев, 1951), либо опытные магнитные измерения высокой точности над геологически известными контактирующими породами.

Наибольшим распространением пользуются и наиболее отвечают цели магнитных наблюдений при геологической съемке Z — магнитометры (вертикальные магнитные весы), выпускаемые заводом «Геологоразведка» под маркой М-2.

Широкое применение магниторазведка при геологической съемке получила у нас главным образом в связи с поисками месторождений полезных ископаемых.

Магнитные наблюдения для геологической съемки выполняются по маршрутам, расстояние между которыми определяется масштабом съемки. Направление маршрутов должно быть ориентировано вкост простирания пород, где последнее явно выражено, или по наиболее доступным дорогам и тропам, где трудно наметить определенное простирание. Густота пунктов наблюдений по маршрутам должна быть выбрана в зависимости от геологической обстановки. Если предполагается частая перемежаемость различных пород, расстояния между пунктами должны быть в несколько раз меньше, чем мощность подлежащих выделению геологических тел.

В участках, где наблюдением будут установлены изменения магнитного поля, сеть пунктов наблюдений надлежит сгущать уже в самом процессе маршрутной съемки. Привязка пунктов наблюдений при маршрутных пересечениях производится непосредственно по карте соответствующего масштаба.

Можно было бы привести многочисленные примеры успешного использования магнитного метода при геологической съемке. На рис. 130 приведены теоретические кривые вертикальной составляющей аномального магнитного поля ( $Z_a$ ) для элементарных случаев контакта двух различно магнитных пород.

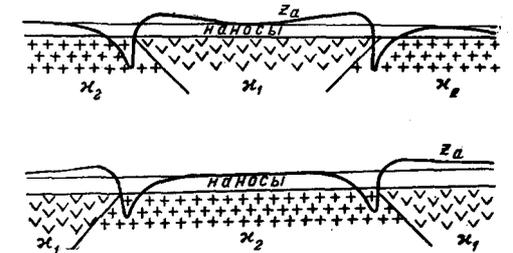


Рис. 130. Кривые  $Z_a$  над породами с различной магнитной восприимчивостью ( $x_1 > x_2$ ) и при различных углах падения плоскости контакта

Интересны работы, проведенные в связи с поисками хромитов в Восточном Казахстане и других районах (рис. 131), где по характеру и интенсивности магнитного поля с помощью  $Z$ -весов удавалось выделять ультраосновные породы (серпентиниты), основные эффузивы (порфириты и др.), вторичные кварциты, являющиеся здесь продуктом метаморфизации основных пород, а также немагнитные осадочные породы (известняки, кремнистые сланцы, конгломераты).

Производительность работ с  $Z$ -весами довольно высокая: в благоприятных условиях местности один наблюдатель может произвести измерения более чем в 100 пунктах.

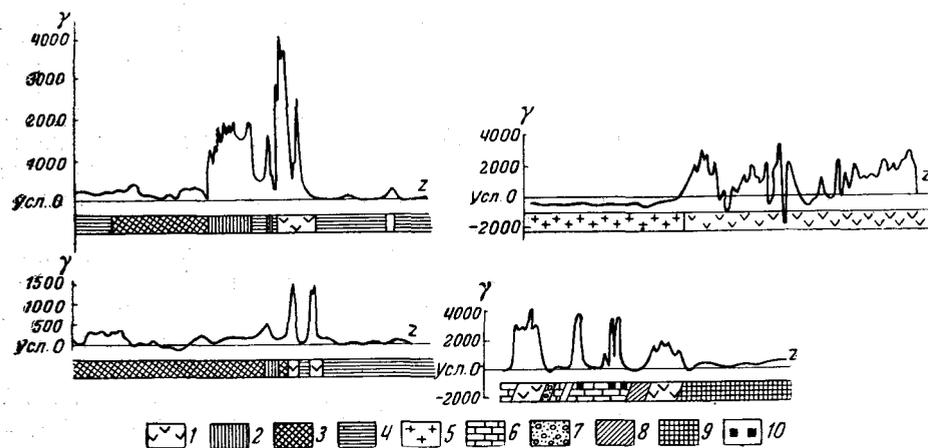


Рис. 131. Примеры кривых  $Z_a$  над породами различной магнитности

1—серпентиниты, габбро, пироксениты, перидотиты; 2—диабазы, вторичные кварциты; 3—основные эффузивы; 4—осадочные породы; 5—гранит; 6—известняки; 7—конгломераты; 8—глинистые сланцы; 9—кремнистые сланцы; 10—залежи бокситов

Большое значение для геологической съемки имеют материалы воздушной магнитной съемки.

В соответствии с очень высокой производительностью (одним прибором за год можно снять 30—40 тыс. км<sup>2</sup> в масштабе 1 : 200 000), аэромагнитная съемка обычно охватывает район работ многих геологосъемочных партий. Для возможно полного использования данных аэромагнитной съемки необходимо планировать работы так, чтобы геологической съемке предшествовала воздушная магнитная съемка того же или более крупного масштаба с опережением не менее одного года.

В настоящее время воздушная магнитная съемка производится в масштабах от 1 : 50 000 до 1 : 1 000 000. На рис. 132 приведен пример съемки масштаба 1 : 100 000.

В случаях, когда магниторазведка оказывается неприменимой из-за отсутствия достаточной разницы в магнитности контактирующих пород, необходимо выяснить вопрос о возможности использования для прослеживания контактов методов электроразведки. С этой целью следует провести опытные наблюдения по профилям над известными контактами с помощью одного из методов сопротивлений, например метода электропрофилеирования. При достаточной разнице в электропроводности контактирующих пород линия контакта получает довольно четкое отражение на графике  $\rho_k$ , как это можно видеть на рис. 133.

Относительно высокая электропроводность основных пород в случае из полевой практики, изображенном на рис. 133, обусловлена, как предполагают, существованием в них обильной электрически связанной магнетитовой вкрапленности.

Линия контакта, как видно на рисунке, проявилась на графике  $\rho_k$  в виде перехода от сопротивлений порядка 200—400 ом·м к сопротивлениям в 1000 ом·м и выше.

Прослеживание под наносами частично известного контакта можно производить короткими профилями вкост предполагаемого простирания контакта (методом электропрофилеирования). При поисках вероятного контакта в более широкой зоне профили наблюдений соответственно удлиняют. В геологически сложных районах с частой перемежаемостью пород приходится делать длинные пересечения, а при детальных работах площадные съемки. Последние рекомендуются

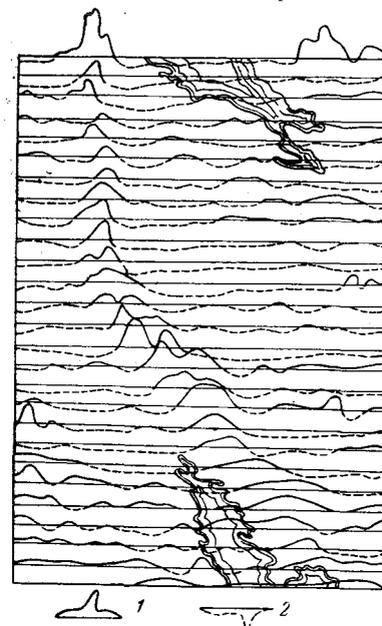


Рис. 132. Участок аэромагнитной карты

1—кривая положительных значений ( $+Z_a$ ); 2—кривая отрицательных значений ( $-Z_a$ ) вертикальной составляющей аномального магнитного поля

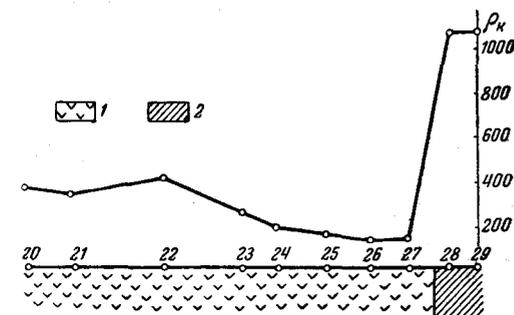


Рис. 133. Электропрофиль через контакт ультраосновных пород и сланцев По А. С. Семенову

1—ультраосновные породы; 2—сланцы

ся применять на особо сложных и интересных участках.

При выявлении и прослеживании нерудных жил как частном случае прослеживания контактов также часто оказывается возможным успешное применение

магнитного и электрического методов. Жилы магнетитосодержащих основных и ультраосновных пород в осадочных и немагнитных изверженных породах, немагнитные кварцевые и легматитовые жилы в магнитных породах и подобные объекты выявляются методом магниторазведки; различия по электропроводности от вмещающих пород жильные образования хорошо прослеживаются методами сопротивлений.

При решении вопроса о постановке электро- или магниторазведочных работ необходимо учитывать возможность осложнений, вызываемых неблагоприятными местными условиями. Главные из этих осложнений рассмотрены ниже в связи с исследованием структур рудных полей.

### ПРОСЛЕЖИВАНИЕ ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ И МИНЕРАЛИЗАЦИИ КАК ПОИСКОВЫХ ПРИЗНАКОВ

Выше уже была отмечена возможность при наличии благоприятных условий фиксировать методами геофизики наличие таких тектонических проявлений, как сбросы и сдвиги, а также определять элементы залегания пологих складок.

К числу задач, решаемых с помощью геофизических методов, можно отнести также следующие: выявление зон дробления; определение направления тектонических разломов по фиксирующим их жильным образованиям; оконтуривание зон рассеянной минерализации как путей происхождения эманаций и гидротерм и т. п. Успех таких работ зависит от

многих причин, но главным образом от следующих: 1) удачное сочетание физических свойств подлежащего выявлению объекта и вмещающих пород; 2) рациональный выбор геофизического метода; 3) учет различных помех, искажающих результаты полевых измерений.

Многообразии природных условий не дает возможности предложить какие-либо готовые стандарты для использования их в различных случаях. Могут быть изложены лишь самые общие соображения и указаны примеры удачного сочетания условий, обеспечивающих успешное решение вопроса. Дело геолога и геофизика сопоставить все данные о физических свойствах пород, условиях залегания интересующих объектов, возможности искажения результатов от местных помех и т. п., а затем решить вопрос о целесообразности использования геофизических методов, а также о том, какую частную методику рационально применить в каждом отдельном случае. Учет местных помех может привести иногда и к отказу от использования метода. Рассмотрим главные из этих помех.

Для применения методов сопротивления (снятие градиентов, электропрофилирование) главные помехи следующие: резкая электрическая неоднородность наносных образований, их большая мощность, блуждающие токи в промышленных районах и т. п. (все причины, искажающие определение сопротивления коренных пород). Главные помехи для магнито-разведки: сильные вариации земного магнитного поля, соизмеримые по величине с созданными магнитной неоднородностью пород напряженностями поля (особенно частые в северных широтах); значительная мощность наносов при слабых различиях в магнитности коренных пород; местные поверхностные помехи (отвалы с ферромагнитными компонентами); железные предметы в культурном слое промышленных районов, а также близость железных дорог (рельсов), зданий, линий электропередач и т. п. Влияние магнитных вариаций может быть учтено с помощью специальных вариационных установок или второго прибора, остающегося неподвижным.

Зоны дробления, благодаря высокой влагоемкости перемятых пород и циркуляции в них минерализованных вод, почти всегда могут быть выявлены методами электроразведки (электропрофилирование, снятие градиентов и комбинированное профилирование). Эти зоны выражаются минимумами  $\rho_k$  на фоне более плотных вмещающих пород и характерных «рудных» пересечений кривых  $\rho_k$  комбинированного профилирования.

В тех случаях, когда слабое увлажнение или иные неблагоприятные условия не позволяют применить электроразведку, зоны дробления иногда могут выявляться с помощью эманационной съемки (например, универсальными приборами типа ГК). Являясь лучшими проводниками радиоактивных эманаций, по сравнению с плотными породами, зоны дробления отмечаются при этом более высокими концентрациями эманации в почвенном воздухе.

В отдельных случаях, когда зона дробления проходит в магнитных породах, может быть использовано то обстоятельство, что в результате разрушения пород и окисления рудных компонентов магнитные минералы переходят в немагнитные окислы. Зона дробления может проявляться при этом относительными минимумами  $Z_a$  среди общего повышенного поля над неизменными магнитными породами.

Все сказанное о зонах дробления может быть отнесено также к вертикальным и пологим тектоническим контактам, плоскостям смещений и т. п. при непрерывном условии, что мощность зоны раздробленных и перетертых пород достаточно ощутима. При небольших мощностях таких зон можно рекомендовать замену симметричной установки  $AMNB$ , обычно применяемой при электропрофилировании на мощных объектах, комбинированным профилированием.

Зоны минерализации, часто представляющие интерес как один из надежных поисковых признаков при изучении рудных районов,

весьма многообразны по характеру проявлений. Для большей наглядности процессы минерализации целесообразно классифицировать следующим образом по принципу сходства вызванных ими изменений физических свойств пород и единообразия применяемой методики геофизических работ:

1. Процессы, с которыми связано возникновение ферромагнитных компонентов в зонах минерализации: пневматолитовый и гидротермальный привнос железа с образованием вкрапленности магнетита и пирротина в измененных породах; образование магнетита в скарновых и метаморфизованных породах при явлениях контактового метаморфизма; возникновение вторичного магнетита при контактовом воздействии на немагнитные и слабо магнитные минералы железа и т. п.

Очевидно, что во всех перечисленных случаях оконтуривание измененных зон может быть выполнено магниторазведкой без особых затруднений. Точность наблюдений и густота сети зависят от величин  $x$  и  $I$  пород, а также от размеров зон, подлежащих выявлению. Как и в ранее рассмотренных случаях, производственным работам необходимо предпосылать наблюдения на опытных профилях и параметрические определения.

2. Процессы минерализации, с которыми связано повышение электропроводности пород: возникновение электрически связанных хорошо проводящих рудных вкрапленников; повышение пористости и влагоемкости пород в результате выщелачивания, разрыхления и окисления отдельных компонентов; образование глинистых продуктов в результате изменения твердых минералов и т. п.

3. Процессы минерализации, вызывающие резкое понижение электропроводности пород: окварцевание, кальцитизация, заполнение пор плохо проводящими минералами, образование плохо проводящего цемента в рыхлых породах и т. п.

Уместно упомянуть об изменениях электропроводности, часто возникающих под воздействием термального метаморфизма, но не связанных с привнесом новых компонентов. Сюда следует отнести образование зоны перекристаллизации известняков среди неизменных пород того же состава, образование сланцев и роговиков из глинистых отложений, кварцитов из кварцевых песчаников и другие проявления термального и динамического метаморфизма.

Во всех перечисленных случаях решающим фактором для успешного выявления и оконтуривания измененных зон методами постоянного тока является степень изменения электропроводности пород в зонах минерализации или перекристаллизации по сравнению с неизменными вмещающими породами. Если изменение электропроводности достаточно резко и отсутствуют неблагоприятные условия, рассмотренные выше, можно рассчитывать на успешное применение электропрофилирования, т. е. на получение повышенных или пониженных величин над зонами минерализации в зависимости от характера изменения электропроводности. В случае малой мощности минерализованных зон возможно более успешное использование методов срединного градиента потенциала или комбинированного профилирования.

#### КРАТКИЕ УКАЗАНИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ГЕОФИЗИКИ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При съемке масштаба 1:200 000 от геолога требуются общая оценка перспектив района в отношении полезных ископаемых и указания о направлении дальнейших поисковых работ. С укрупнением масштаба съемки до 1:50 000 резко повышаются и требования к детальности обследования месторождений: должна быть дана их качественная оценка,

выяснены размеры, форма, простирание и падение рудных или иных тел, указаны возможные геологические запасы и выделены перспективные участки для детальных поисковых работ.

Уже для первоначальной ориентировки в перечисленных вопросах целесообразно использовать методы разведочной геофизики, которые находятся в пределах технических возможностей геолого-съёмочных партий.

Отсылая интересующихся к более подробным работам, обобщающим опыт геофизических исследований в связи с поисками и изучением месторождений полезных ископаемых, мы ограничимся здесь указаниями относительно методов, которые могут оказаться полезными при предварительном обследовании месторождений. Эти методы сгруппированы по общности используемых при этом физических свойств руд или других видов минерального сырья.

**Методы магниторазведки.** Выше рассмотрены возможности магниторазведки при выявлении некоторых тектонических и других факторов, которые наиболее часто используются в качестве поисковых признаков при изучении рудопроявлений. Не менее широким может быть применение магнитного метода также и при непосредственных поисках и оконтуривании некоторых типов рудных месторождений.

Основным методом магниторазведки, естественно, оказывается для поисков месторождений, в рудах которых преобладают или являются существенным компонентом магнетит, титаномагнетит, магнезиоферрит, магнитный пирротин и иногда мартит.

При соответствующем повышении точности наблюдений магниторазведка успешно применяется также для поисков месторождений слабомагнитных руд железа (мартит, гематит, некоторые бурые окислы), отдельных разновидностей бокситов и марганцевых руд, а частично и при оконтуривании слабомагнитных железных шляп сульфидных месторождений. Кроме того, часто удается выявлять и прослеживать магнитным методом скопления руд олова, вольфрама, свинца, цинка и других металлов в тех случаях, когда магнетит или магнитный пирротин выступают в роли их более или менее постоянных парагенетических спутников.

Необходимо особо отметить применимость магниторазведки при изучении россыпных месторождений, обусловленную широким распространением магнетита в россыпях в зонах концентрации тяжелых минералов (совместно с золотом, платиной, вольфрамом, шеелитом и касситеритом).

При постановке магниторазведки на россыпях необходимо предварительно убедиться в немагнитности пород плотика, так как последний при наличии ферромагнитных компонентов может проявиться неотличимыми нарушениями магнитного поля и помешать выявлению участков и струй, обогащенных магнетитом.

Общезвестна также роль магниторазведки при поисках хромитовых месторождений. Несмотря на то что хромитовые руды почти всегда магнитны и иногда сильно магнитны ( $\times$  до  $(3000-4000) \cdot 10^{-6}$  CGSM), выявление их среди ультраосновных пород, к массивам которых они обычно приурочены, затруднено также значительной и к тому же неоднородной магнитностью последних. Поэтому при поисках хромитовых месторождений магнитный метод используется лишь для оконтуривания площадей распространения дунитов, перидотитов и серпентинитов, а последующее расчленение обнаруженных магнитных аномалий на «рудные» и «нерудные» производят с помощью гравиразведки.

**Методы электроразведки.** При поисках высокопроводящих руд для определения размеров и элементов залегания рудных тел применяются методы естественного электрического поля и заряженного тела.

Выше мы видели, что методы сопротивлений (электропрофилирование с различным расположением электродов, снятие градиентов) могут

применяться для выявления проводящих тел, в том числе, очевидно, и скоплений высокопроводящих рудных минералов. Однако для последнего часто с большим успехом и хорошими результатами могут быть использованы столь же технически простые методы естественного поля и заряженного тела.

Возникновение естественного электрического поля связано, как известно, главным образом с процессами окисления месторождений сульфидных руд, хотя аналогичные поля наблюдаются также и над углистыми графитизированными и пиритизированными сланцами. Наиболее четкие естественные поля установлены над скоплениями пирита, пирротина, халькопирита, менее заметные, хотя часто и вполне измеримые, — над полиметаллическими рудами. Возникновение разности потенциала вызывается окислительным действием приповерхностных вод. Когда же в силу каких-либо местных причин доступ природных растворов к сульфидным минералам сильно ограничен, естественные электрические поля либо очень слабы, либо вовсе отсутствуют.

Полевые измерения естественных полей весьма просты и выполняются с помощью обычных потенциометров и двух специальных неполяризуемых электродов. Конфигурация линий, соединяющих точки с равными значениями потенциала (изолинии естественного поля), позволяет с известной степенью приближения судить о форме и размерах рудного тела. Часто оказывается еще более удобным изображать результаты таких работ в виде отдельных графиков потенциала или путем нанесения кривых потенциала на план расположения профилей наблюдений. Пункты наблюдений потенциала можно располагать как по отдельным профилям вкрест ожидаемого простирания зоны сульфидного оруденения, так и по равномерной сети при более детальных площадных исследованиях. Густота пунктов наблюдений зависит от размеров рудных тел, которые желают выявить.

Производительность работ методом естественного поля составляет, в зависимости от местных условий, 100—200 пунктов в день и даже более.

В полевой практике часто возникает задача приближенного определения формы и размеров рудного тела, хотя бы один выход которого доступен непосредственному наблюдению в естественном обнажении, горной выработке или буровой скважине.

Хорошие результаты в таких случаях можно получить при использовании метода заряженного тела. Заземляя один из электродов непосредственно в хорошо проводящее рудное тело и отнеся другой в «бесконечность», т. е. отдаляя его на значительное расстояние, производят измерение градиентов потенциала по профилям, разбитым вкрест предполагаемого залегания рудного тела, а также измерение потенциалов. Кривые градиентов потенциала, построенные по профилям, и карты изолиний потенциалов позволяют как уточнить местоположение рудного тела на исследуемом участке, так и определить глубину его залегания, протяженность по профилю, простирание и направление падения. Изменяя градиенты потенциала по профилю, разбитому вдоль рудного тела, можно определить длину и местоположение концов последнего.

Таким образом, совместное использование методов градиентов и изолиний заряженного тела в ряде случаев дает возможность определить форму, размеры и залегание рудных тел.

Фактором, ограничивающим применение метода заряженного тела, является мощность наносов, которая не должна превышать половину длины тела по простиранию.

При поисках нерудных месторождений применяется метод постоянного тока. Поиски и прослеживание кварцевых, пегматитовых и подобных жил, являющихся хорошими изоляторами, так же как хорошо проводящих угольных пластов, скоплений графита, графитизированных

пород и многих аналогичных объектов, в подходящих условиях успешно выполняются методами электроразведки.

Наиболее широкое применение геофизические методы разведки — сейсмические, электрические, гравитационные и магнитные — находят при поисках и разведке нефте-газоносных структур.

Детальное рассмотрение вопросов, связанных с поисково-разведочным применением геофизики, выходит за рамки данного руководства, вследствие чего мы ограничиваемся здесь указаниями на специальную литературу.

#### ЛИТЕРАТУРА

Андреев Б. А., Закашанский М. М., Самсонов Н. Н., Фоти-  
ади Э. Э. Курс гравитационной разведки. Госгеолиздат, 1941.

Дахнов В. Н. Электрическая разведка нефтяных и газовых месторождений. Гостоптехиздат, 1951.

Логачев А. А. Воздушная магнитная съемка и ее применение при геолого-  
поисковых работах. Госгеолиздат, 1947.

Логачев А. А. Курс магниторазведки. Госгеолиздат, 1951.

Нестеров Л. Я., Берсудский Л. Д., Донабедов А. Р., Биби-  
ков Н. С. Краткий курс разведочной геофизики для геологов. ГОНТИ, 1933.

Нестеров Л. Я., Бибииков Н. С., Усманов А. Ш. Курс электрораз-  
ведки. ГОНТИ, 1938.

Сергеев Е. А. Физико-химический метод поисков рудных залежей. Матер.  
ВСЕГЕИ, геофизика, сб. 9—10, Госгеолиздат, 1941.

#### ГЛАВА XII

### ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОМЕТОДОВ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

Применение аэрометодов при геологической съемке не только ускоряет темпы, но и повышает степень детальности, а также значительно улучшает качество геолого-съёмочных работ.

Различают следующие основные виды аэрогеологических работ:

1. Аэрофотосъемка плановая или планово-перспективная, производимая средствами аэрогеологической партии.
2. Геологическое дешифрирование аэрофотоснимков.
3. Аэровизуальные наблюдения.
4. Аэрогеофизические съемки.

Перечисленные виды работ могут применяться каждый в отдельности и в различных комбинациях в зависимости от характера задания, возложенного на геолого-съёмочную партию, и наличия технических средств.

Круг вопросов, которые можно разрешить с помощью аэрометодов, с каждым годом все расширяется.

В области геологического картирования аэрометоды особо эффективны при съемке хорошо обнаженных структур с литологически разнородным составом горных пород. В этом случае удается составлять детальные карты сложнейших складчатых структур, картировать по аэрофотоснимкам элементы трещинной тектоники изверженных и метаморфических пород. Как показывает опыт, применение аэрометодов дает значительный эффект при геологическом картировании даже закрытых залесенных районов.

Широко применяются аэрометоды в области гидрогеологии и инженерной геологии, в практике поисков и разведки, при изучении нефтеносных структур, соляных куполов, рудных тел, в частности железных шляп, руд, меди, хрома, кобальта и ряд других полезных ископаемых.

#### АЭРОФОТООСНОВА

Материалы аэрофотосъемки находят в процессе геологического картирования различное применение. Исходным материалом является аэрофотоснимок (или контактный отпечаток), представляющий собой первичный результат аэрофотосъемки. При последующей обработке контактных отпечатков получают схемы накидного монтажа, репродукции схем накидного монтажа, мозаичные фотосхемы, фотосхемы и, наконец, фотопланы, представляющие собой законченную аэрофотокарту с точной координатной сеткой и масштабом.

Все перечисленные виды аэрофотосъёмочной продукции могут служить в качестве материала для геологического дешифрирования.

Применение аэрофотоснимков для геологической съемки опирается на два основных положения:

1. Геологическое строение в той или иной степени отражается в ландшафте и, в частности, в формах рельефа.

2. Два соседних аэрофотоснимка (стереопара) при рассмотрении в стереоскопе дают уменьшенное изображение (оптическую модель) земной поверхности в трех измерениях. На этом изображении относительные вертикальные превышения определяются глазомерно, а также могут быть измерены с помощью специальных приборов.

Эти свойства позволяют считать аэрофотоснимки новым типом топографической основы, на которой изображен естественный вид земной поверхности, в противоположность топографическим картам, на которых устройство земной поверхности передается условными обозначениями.

Полевое геологическое картирование и дешифрирование обычно ведут на контактных отпечатках, хотя для этого применяют иногда и мозаичные фотосхемы, представляющие собой смонтированные группы контактных отпечатков и позволяющие видеть одновременно значительную площадь изучаемой территории. Прикладывая к отдельным частям мозаичной фотосхемы контактные отпечатки (стереопару), с помощью стереоскопа можно получать стереоизображение.

Все виды аэрофотоосновы содержат множество деталей, которые оказывают большую помощь при полевом картировании и дешифрировании. Однако аэрофотоматериалы не могут полностью заменить топографические карты. Аэрофотооснова в процессе геологической съемки служит лишь в качестве рабочей топоосновы. Для составления геологической карты все данные аэрооснимков должны быть перенесены на топографическую основу заданного масштаба. Следовательно, для геологической съемки в одинаковой мере необходимы аэрофотооснова и обычные топографические карты.

При производстве различного вида геологических работ используются следующие аэрофотосъемочные материалы:

1. Аэрофотоснимки (контактная печать) в масштабе залета.
2. Репродукции накидного монтажа.
3. Фотосхемы.
4. Фотопланы и карты (составленные на основе аэрофотосъемки).

Аэрофотоснимки являются обычно контактными отпечатками с пленки и соответствуют масштабу самой аэрофотосъемки. В особых случаях изготавливаются увеличенные аэрофотоснимки. Обычно увеличение бывает не больше двукратного против первоначального масштаба съемки.

Аэрофотоснимки, в соответствии с принятыми стандартами, имеют форматы  $18 \times 18$ ,  $24 \times 24$  и  $30 \times 30$  см. Как правило, аэрофотоснимки (при площадной плановой аэрофотосъемке) выдаются геологам в виде комплекта, разложенного, в зависимости от масштаба аэрофотосъемки, по трапециям масштабов 1 : 50 000, 1 : 100 000 и 1 : 200 000.

При просмотре аэрофотоснимков предъявляются следующие требования:

1. Аэрофотоснимки, расположенные по взаимно параллельным маршрутам залета, должны иметь нормальное поперечное и продольное перекрытие (поперечное 40% и продольное 60%), обеспечивающее просмотр аэрофотоснимков под стереоскопом (это требование предъявляется и при просмотре репродукций накидного монтажа). В случае отсутствия нормального продольного перекрытия и наличия пропусков между маршрутами аэрофотоснимки должны быть признаны браком.

2. Аэрофотоснимки должны быть тщательно выполнены, достаточно контрастны, нормального фототона, без пятен, царапин и прочих технических дефектов.

3. Аэрофотоснимки по возможности должны быть выполнены на полуматовой контрастной бумаге, обеспечивающей работу на них простыми и цветными карандашами.

4. Каждый комплект передаваемых заказчику аэрофотоснимков должен сопровождаться описью с приложением справки, в которой должно быть указано: наименование предприятия, экспедиции, отряда, производившего работу; номенклатура трапеций, масштаб аэрофотосъемки (для горных районов с указанием изменения масштаба снимков в зависимости от изменения абсолютных превышений); время производства съемки (год, месяц, число, часы), принятая высота полета, тип фотокамеры (фокусное расстояние объектива), сорт пленки и фотобумаги; особые условия съемки (атмосферные и т. д.); наличие планового и высотного наземного геодезического обоснования; цель производства аэрофотосъемочных работ; наличие промежуточной и конечной продукции (по видам).

Качество аэрофотосъемочных материалов при производстве плановой контурной аэросъемки сильно понижается в результате следующих производственных дефектов: неточность продольного и поперечного перекрытия, криволинейность и волнистость маршрутов, невыдержанность высоты полета, недостаточное выравнивание пленки в момент экспозиции, наличие электрических разрядов на пленке, облака, тени, неровность снимка вследствие вибрации и фотограмметрического смаза, неверно выбранная выдержка, неправильное проявление фильмов и неправильное изготовление контактной печати.

Репродукции накидного монтажа — непременное приложение к аэрофотоснимкам. Они охватывают площадь не менее одной трапеции стотысячного масштаба и представляют собой фотографию накидного монтажа, обычно уменьшенного в несколько раз. Служат для ориентировки и быстрого нахождения требуемого контактного отпечатка по его порядковому номеру, а также для общего ознакомления с материалом аэрофотосъемки. Требования к репродукциям накидного монтажа:

1. Репродукции для геологических работ должны изготавливаться в масштабе не меньше 1 : 100 000 при масштабе залета от 1 : 25 000 до 1 : 60 000 и в масштабе 1 : 50 000 при масштабе залета крупнее 1 : 25 000.

2. Репродукции, предназначенные для полевых геологических работ, должны быть отпечатаны на глянцевой контрастной бумаге, разрезаны на четвертушки и подклеены на коленкор или картон.

На репродукции должны быть даны номенклатура трапеции, названия населенных пунктов, крупных рек, озер, горных вершин и прочих опорных пунктов.

В случае отсутствия репродукций рекомендуется составлять непосредственно по накидному монтажу так называемые номерные схемы, позволяющие ориентироваться в расположении контактных аэрофотоснимков.

Фотосхемы представляют собой результат монтажа контактных нетрансформированных отпечатков, не приведенных к одинаковому масштабу. Отпечатки накладываются на картон. Перекрывающиеся части снимков вырезаются так, чтобы от каждого осталась средняя часть, имеющая минимум искажений. В отношении фотосхем существует следующий порядок:

1. Фотосхемы изготавливаются непосредственно из аэрофотоснимков (в масштабе залета) в виде сплошного мозаичного фотоизображения, занимающего площадь трапеции масштаба 1 : 25 000—1 : 50 000 или 1 : 100 000 в зависимости от масштаба аэрофотосъемки.

2. Фотосхемы, изготовленные в полевых условиях для геологических партий, работающих в том же сезоне, выдаются в нетрансформированном виде, т. е. без исправления искажений. При заблаговременном про-

изводстве аэрофотосъемки и при детальных геологических работах следует заказывать трансформированные фотосхемы или фотопланы.

3. В зависимости от характера геологических работ с оригиналов изготовленных фотосхем могут быть заказаны фоторепродукции того же или более мелкого масштаба.

4. Фотосхемы изготавливаются и оформляются с соблюдением всех технических условий ГУГК. Для геологических целей фотосхемы должны печататься на достаточно контрастной полуматовой плотной бумаге, обеспечивающей рисовку простыми и цветными карандашами.

5. Фотосхемы должны монтироваться в строго ориентированных рамках трапезий и хорошо взаимно увязываться. Фотосхемы разрезаются на четвертушки и обязательно наклеиваются на картон или полотно.

6. К подписям, обычно делаемым на фотосхемах, необходимо добавлять дату производства аэрофотосъемки данной трапеции и указания, в каких пределах изменяется масштаб на отдельных участках (для не трансформированных схем).

Фотопланы и карты изготавливаются в полном соответствии с требованиями ГУГК. Являясь конечной и наиболее точной, эта продукция аэрофотосъемки служит наилучшей основой для геологических карт, но ни в коей степени не должна заменять при аэрогеологических работах контактных аэрофотоснимков.

Фотоплан представляет собой фотографическое изображение местности с точным масштабом, приведенное к определенной системе координат. Он составляется фотограмметрическим методом по трансформированным аэрофотоснимкам, приведенным к одному масштабу и лишенным искажений.

**Порядок получения аэрофотоосновы.** Обычно аэрофотосъемочные работы не имеют прямого отношения к геологической съемке. Они производятся в первую очередь для составления государственных топографических карт. Аэрофотосъемка производится территориальными аэрогеодезическими предприятиями, подчиненными Главному управлению геодезии и картографии Министерства внутренних дел СССР (ГУГК).

Своевременное обеспечение партий аэрофотоосновой — одна из главных задач организационного периода. Необходимо прежде всего выяснить, в какой степени территория предстоящих работ покрыта аэрофотосъемкой, установить масштаб контактных аэрофотоснимков, репродукций накидного монтажа, фотосхем и фотопланов и топографических карт. Необходимо знать, какое территориальное предприятие или ведомство производило аэрофотосъемку и где хранится негативный материал.

Все аэрофотосъемочные и топографические материалы должны быть получены геологическими партиями не позднее чем за 1,5—2 месяца до выезда на полевые работы.

При нормальных условиях, т. е. при заблаговременном производстве аэрофотосъемочных работ, каждая геологическая партия нормального состава должна получить по одному комплекту контактных аэрофотоснимков, репродукций накидного монтажа и фотосхем в масштабе залета и два комплекта репродукций с фотосхем.

По возможности фотосхемы лучше заменять фотопланами тех же масштабов. Для различных геологических работ количество фотосхем, фотопланов, топографических карт устанавливается проектом.

На контактных отпечатках, кроме порядковых номеров снимков, желательно помещать изображение циферблата часов в одном из углов снимка с указанием времени полета, а также изображение пузырька ватерпаса, дающее представление об отклонении оптической оси аэрофотоаппарата от вертикали в момент съемки. К сожалению, до сих пор эти данные на аэрофотоснимках отсутствуют, что свидетельствует о недооценке подобных сведений для задач дешифрирования.

А между тем указанные сведения могут пригодиться при полевой наземной работе, в полетах и во время камерального дешифрирования. Так, большое значение могут иметь точные данные о времени съемки (часы и минуты), так как в зависимости от высоты стояния солнца находится длина теней на аэроснимках, а следовательно, и тон снимков может существенно изменяться.

**Обращение с аэрофотосъемочными материалами и их хранение.** При работах с материалами аэрофотосъемки устанавливается следующий порядок:

1. Все плановые аэрофотоснимки должны быть строго подобраны по трапециям, разложены в порядке номеров по маршрутам и храниться в специальных папках или конвертах вместе с репродукциями накидного монтажа и соответствующими описями. Часто плановые аэрофотоснимки даются по нескольким смежным трапециям с единой нумерацией, во избежание путаницы их хранят вместе.

2. Фотосхемы, фотопланы и топографические планшеты, разрезанные на четвертушки и наклеенные на полотно, также должны храниться в специальных папках.

3. Перспективные и плано-перспективные аэрофотоснимки раскладываются по маршрутам в отдельные папки вместе с их описями и картами или схемами, к которым они привязаны.

4. Во избежание потерь и порчи все аэрофотоматериалы в полевых условиях должны храниться в закрытом ящике с герметической упаковкой (удобен выючный чемодан с резиновым вкладышем). При лодочных маршрутах удобны большие металлические бидоны с герметически закрывающейся крышкой.

5. Все материалы после их непосредственного использования возвращаются точно на место своего хранения.

6. Получение, передача другим лицам и учреждениям, пересылка и хранение аэрофотосъемочных материалов регламентируются специальными инструкциями.

**Соотношение масштабов геологической съемки и аэрофотоосновы.** Практикой установлено, что полевые работы всегда следует вести на топооснове более крупного масштаба, нежели заданный масштаб геологической съемки. Желательно соблюдать примерно следующие соотношения между масштабами полевой топоосновы и масштабами конечной геологической карты (табл. 21).

Таблица 21

Конечный (заданный) масштаб съемки	Желательный масштаб полевой топоосновы		
	топографические карты	контактная печать	фотосхемы, фотопланы
1:200 000	1:100 000	1:65 000—1:30 000	1:100 000—1:35 000
1:100 000	1:50 000	1:30 000—1:25 000	1:30 000—1:25 000
1:50 000	1:50 000—1:25 000	1:25 000—1:15 000	1:35 000—1:25 000
1:25 000	1:25 000—10 000	1:20 000—1:10 000	1:25 000

Аэрофотооснова, которую получает партия от аэрогеодезического предприятия, обычно имеет сравнительно мелкий масштаб (1:70 000—1:30 000). Это объясняется тем, что общегосударственная аэрофотосъемка производится не специально для геологических целей, а для составления топографических карт в масштабе 1:100 000—1:50 000.

Топографическая аэрофотосъемка в настоящее время развивается в направлении уменьшения масштабов за счет резкости изображения и внедрения широкоугольных объективов, что приводит к сокращению количества снимков и увеличению площади покрытия. Однако это направление не всегда совпадает с интересами геологических учреждений.

Желательный масштаб аэрофотоосновы для геологической съемки зависит от степени обнаженности геологических структур.

Обычно для геологического картирования требуется масштаб контактной печати от 1:60 000 до 1:10 000. Следует также учитывать возможность увеличения контактных отпечатков в 2—3 раза при условии достаточной резкости негативов.

**Изготовление аэрофотоосновы средствами аэрогеологических экспедиций.** В случае отсутствия контактной печати в масштабах, вполне удовлетворяющих геологов, иногда возникает необходимость дополнительной аэрофотосъемки в более крупных масштабах на территориях, границы которых устанавливаются геологами при проектировании работ. Эти дополнительные аэрофотосъемочные работы должны производиться по специальному заказу аэрогеодезическими предприятиями или самой аэрогеологической экспедицией с помощью собственного аэрофотосъемочного звена, входящего в состав экспедиции.

В последнем случае производится съемка сравнительно небольших площадей в детальных масштабах или каркасная плановая и планово-перспективная съемка и аэроснимки немедленно передаются для работы геологу. Однако такой способ работ может быть оправдан лишь в особых случаях, например при обнаружении месторождений полезных ископаемых и необходимости срочной рекогносцировки, съемки или разведки или при организации больших комплексных экспедиций в отдаленные и не изученные районы, где одновременно ведутся все виды полевых исследований.

Как правило необходимо, чтобы геологическая партия к началу своих работ была полностью обеспечена аэрофотоосновой, удовлетворяющей в отношении как масштаба, так и качества снимков. Таким образом, основной объем аэрофотосъемочных работ, как правило, не должен входить в программу работ аэрогеологических партий.

### **ВЛИЯНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОМЕТОДОВ**

Возможности применения аэрометодов находятся в тесной зависимости от ландшафтно-географических условий. Ясно, что суровые условия Арктики, частые ветры, туманы, короткое лето создают большие трудности для производства аэрогеологических работ по сравнению с районами, расположенными в умеренных и южных широтах. Однако не только количество летних дней определяет степень возможности применения аэрометодов при геологической съемке. Различная степень обнаженности весьма заметно влияет на эффективность этих методов.

Аэрометоды начали применять в Средней Азии, в районах с аридным климатом, где геологические структуры обнажены с предельной ясностью и где покровные отложения часто совершенно отсутствуют. Естественно, что здесь аэрометоды дают замечательные результаты. Те же методы при картировании коренных пород в других районах оказались менее эффективными. В таких районах значительным развитием пользуются золотые, речные, озерные, морские и ледниковые отложения, мощные покровы элювия и известковых туфов, густая растительность и торфяники, а также площади сильно застроенные (большие города и т. п.).

Однако эти же области представляют богатейший материал для геоморфологического дешифрирования и картирования четвертичных отложений.

Поэтому нет таких районов, в которых применение аэрометодов для геологических целей было бы совсем безнадежно. В любом районе, даже в глухой равнинной тайге, имеются площади, где применение аэрометодов при геологических или геоморфологических исследованиях может дать существенные результаты.

### **ВЛИЯНИЕ ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ДЕШИФРИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Еще совсем недавно считалось, что применение аэрометодов в геологии целесообразно, если только элементы геологического строения выражены в рельефе. Однако в дальнейшем оказалось возможным дешифрировать даже и такие структуры, которые погребены под покровом более молодых образований, благодаря разнообразным косвенным признакам, отображенным на аэрофотоснимках. Даже глубоко залегающие элементы геологической структуры (различные тектонические нарушения, соляные купола, брахиструктуры и т. п.) оказывают определенное воздействие на покровные образования, залегающие сверху. Фациальные особенности покровных слоев, текстура и цвет элювия и почв, выцветы солей, выходы грунтовых вод, своеобразное распределение растительного покрова, зависящего от минерального состава подпочвенного слоя, и многие другие признаки в совокупности образуют иногда своеобразные узоры на поверхности земли. Геолог должен изучить эти признаки и уловить в них закономерности. В результате иногда удается выяснить геологическое строение таких районов, которые при наземном исследовании были признаны безнадежными. Это свойство аэрофотоснимков отражает сложную взаимосвязь между скрытыми от глаз наблюдателя элементами структуры и поверхностными явлениями можно сравнить с эффектом лучей Рентгена.

Геологическое дешифрирование должно производиться лицами, обладающими, кроме широкого геологического образования, досточными общегеографическими познаниями. Всестороннее географически-ландшафтное дешифрирование аэроснимков представляет собой один из самых ответственных процессов геологической съемки. Поэтому данную работу, как правило, геолог должен производить сам лично, не поручая ее коллектору или прорабу.

**Влияние почв и покровных отложений.** Конечно, когда рыхлые отложения достигают значительной мощности и пользуются широким пространением, бывает трудно или даже невозможно дешифрировать по аэрофотоснимкам погребенные структуры. Тем не менее известны случаи, когда маскирующее влияние покровных образований бывает в значительной мере кажущимся. Так, при наблюдениях с самолета через мощные пески, которые являются серьезным препятствием во время наземного картирования, удается ясно видеть очертания разнородных коренных пород, залегающих под покровом этих песков.

Элювиальные (остаточные) почвы могут отражать состав и структуру подстилающих коренных пород, хотя и не везде в одинаковой степени. В районах, где преобладают процессы химического выветривания, способность почв сохранять свойства материнских пород сильно понижается. Так, влияние коренных пород на почвы почти не сказывается в субтропиках. Чем суше климат, тем менее выражен процесс почвообразования и тем сильнее сказывается влияние коренных пород. (К. Д. Глинка).

Влияние распаханых земель и посевов на видимость геологических структур бывает различным. Так, если на целинных участках геология дешифрировалась при помощи распределения различных видов растительности (например, определенных видов полыни в степях), то на пашнях, где эта растительность уничтожена, пахота оказывалась маскирующим фактором. Но бывает и наоборот, когда благодаря вспашке и уничтожению маскирующего покрова растительности становятся яснее различимы цвет и текстура почв, зависящих в свою очередь от состава подстилающих коренных и элювиальных пород. Посевы зерновых (ржи,

пшеницы и овса) обычно не препятствуют дешифрированию почвенного покрова. Поскольку посевы представляют собой явление сезонное, очевидно, этот фактор носит сезонный характер.

Часто на аэрофотоснимках почвенный покров бывает выражен в виде весьма своеобразных узоров, точек, кружков или пятен причудливых очертаний. Так, в Сибири мерзлотные бугры пучения дают правильные светлые пятна, разбросанные то равномерно, то беспорядочно, то более или менее ориентированно. Весьма своеобразные пятна образуют солонцеватые почвы в южных степях и полупустынях. На очертания этих пятен большое влияние оказывает водопроницаемость подстилающих пород (подпочв). Поэтому часто рисунок почвенного покрова, т. е. определенная закономерность в распределении пятен, отражает влияние материнских пород или элювия.

Вообще водопроницаемые песчаные почвы обычно выражены на аэрофотоснимках равномерным тоном, а водонепроницаемые, например иловатые и глинистые, да еще на ровной местности с затрудненным стоком, имеют пятнистый характер. Иногда этот признак может быть использован для дешифрирования коренных пород, в особенности литологии подпочв.

Аэрофотоснимки, сделанные с достаточной высоты, позволяют иногда судить о мощности почвенного покрова. Любопытно, что на них становятся отчетливо видны такие объекты, которые при наземном наблюдении совершенно незаметны. Например, археологи обнаруживают древние засыпанные золовыми песками дороги и города.

Большое значение для геологического дешифрирования аэроснимков может иметь различная окраска почв и других объектов. Следует учитывать, что иногда с самолета не удается подметить тональных или цветовых различий, тогда как весьма чувствительный объектив, светофильтры и эмульсии могут отразить больше деталей, чем способен воспринять глаз человека. Обычно красные, коричневые и серые тона при фотографировании выделяются резче в ущерб синим и зеленым.

Следует иметь в виду, что с увеличением высоты полета окраска земной поверхности кажется наблюдателю все более и более однообразной. Лучше всего различать цвета почв и растительности с малых высот (100—200 м).

В случае поисков проявлений минерализации необходимо обращать внимание на малейшие изменения окраски почв в виде линий, узких полос или пятен. Так, на участках, подстилаемых кремневыми, серицитизированными и пиритизированными породами, часто развиты почвы, заметно отличающиеся по окраске от почв, развитых на окружающих неизмененных породах. Эти различия в окраске могут остаться незамеченными при наземных исследованиях. Выходы жил, скрытые под почвенным покровом, иногда могут быть обнаружены благодаря изменению цвета почв, связанному с высыпками жильных пород.

**Влияние растительного покрова.** Влияние растительности на фотогеничность геологических структур проявляется двояко. В одних случаях густая растительность маскирует земную поверхность, а следовательно, и геологические структуры, в других случаях наблюдается зависимость растительности от состава горных пород, которая помогает расшифровать геологическое строение по характеру растительного покрова. Свойство растительности подчеркивать едва заметные детали геологического строения при дешифрировании аэрофотоснимков и при аэровизуальных исследованиях удается использовать значительно полнее и проще, чем при наземных работах.

Распределение растений на земной поверхности зависит, в частности, от ландшафтно-географических условий, от рельефа, литологического состава материнских пород и элювия. С этими условиями связаны плодородие почвы и ее способность удерживать влагу.

Хорошо известно, что на водонепроницаемых породах часто развивается заболачивание, что можжевельник и сосна произрастают на песчаных почвах, что на породах, однородных по составу и не содержащих необходимых питательных веществ для растений, развиты бесплодные почвы. Растительность резко реагирует на изменение химического состава почв, поэтому участки с бесплодными почвами хорошо различимы с самолета или на снимках.

Известны примеры, когда бесплодные почвы образуются из основных и ультраосновных пород, обычно серпентинизированных. Раньше бесплодность почв, возникших на ферромагнезиальных породах, объяснялась избытком в почве магния и отсутствием питательных веществ, потребных для растений. По новейшим данным, причиной является присутствие в почвах относительно больших количеств хрома и никеля. Этим объясняется, почему только из некоторых основных пород образуются бесплодные почвы. Если это справедливо, то геологи получают новый признак для поисков ферромагнезиальных пород, содержащих хром и никель.

Имеется еще несколько любопытных примеров подобного рода. Так, распространение анортозитовых пород в ряде случаев удалось установить благодаря покрову растительности, внезапно прерывающемуся вдоль границы массивов этих пород. Или, например, медистые породы оказывают настолько сильное отравляющее действие на растительность, что в местах, где жилы, содержащие медные минералы, близко подходят к поверхности, в сплошном покрове кустарников образуются характерные прогалины.

В районах развития карста древесный полог имеет характерную ячеистую структуру, так как над карстовыми воронками в нем образуются прогалины. Иногда вдоль линии сброса по обеим его сторонам могут наблюдаться внезапные изменения видового состава растительности, вызванные различными условиями (степенью влажности соприкасающихся пород, их минералогическим составом и пр.).

Особенно ясно выявляются геологические структуры при дешифрировании растительности в районах соляных куполов. Здесь состав растительности настолько резко зависит от химического состава почв и от прочих условий, что даже в случаях, когда соляные купола вовсе не отражены в рельефе поверхности, круглые или овальные очертания растительного покрова дают возможность точно оконтуривать структуры. Конечно, и другие признаки, в частности очертания гидрографической сети, орография и т. п., должны служить дополнительными критериями при дешифрировании.

На Кавказе была подмечена определенная связь между распространением зарослей и больших деревьев тиса и выходами угольных пластов. Так как кроны тиса отличаются от окружающей растительности, характерной окраской, рисунком и т. д., то на аэрофотоснимках полосы распространения тиса дешифрируются довольно легко, что позволяет оконтуривать распространение угленосных пород.

В Туркмении была установлена ясная зависимость между растительностью и месторождениями самородной серы. Эта зависимость была с успехом использована в качестве поискового признака при обнаружении новых месторождений серы методом дешифрирования аэрофотоснимков.

На Северном Урале многие россыпные месторождения приурочены к высоким (дочетвертичным) речным террасам, для которых весьма характерны заросли кедра и лиственницы. Кроны кедров резко выделяются на аэрофотоснимках темными пятнами, и поэтому заросли кедров могут служить поисковым признаком при обнаружении террасовых россыпей.

Следует, однако, иметь в виду, что приведенные примеры имеют значение только для конкретных ландшафтно-географических условий: в каждом новом районе, со свойственными ему специфическими климатическими условиями, должны быть свои поисковые признаки. Так, на Алтае и в Приполярном Урале кедр предпочитает не террасы, а склоны, гис в более южных районах пользуется более широким распространением и утрачивает отмеченную выше избирательную способность.

Итак, использование геоботанических данных как косвенного признака при аэрогеологических исследованиях может быть весьма эффективным, однако это требует специальных знаний и навыков.

При дешифрировании растительного покрова для поисково-геологической съемки необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1. Основные растительные ассоциации и характер их распространения в данном районе.

2. Связь растительных ассоциаций и отдельных видов растений с рельефом.

3. Связь растительных ассоциаций с литологическим составом пород и почвами.

4. Соотношение рельефа и древесного полога.

5. Степень фотогеничности различных растительных ассоциаций и отдельных видов растений и закономерностей их распределения на аэрофотоснимках.

## МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

### РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОФОТОСНИМКА

Под геологическим дешифрированием мы будем понимать чтение и толкование геологического содержания аэрофотоснимков. Геологическое дешифрирование является одним из основных аэрометодов. Существуют разнообразные приемы дешифрирования. Наибольшим распространением пользуется метод дешифрирования стереопары при помощи стереоскопов. Этот метод имеет, однако, существенный недостаток: очень ограниченное поле зрения, при котором стереоскопическое изображение получается лишь для небольшой части аэрофотоснимка. Это не позволяет сразу рассматривать крупные элементы орографии или структуры, которые иногда не умещаются даже на нескольких смежных контактных отпечатках. В настоящее время существует разнообразная аппаратура, начиная от усовершенствованных стереоскопов до сложного стереопроектора «Мультиплекс», дающего одновременно стереоскопическое изображение («стереомодель») целого маршрута залета, состоящего из 10—20 контактных отпечатков.

До сих пор, однако, геологи пользуются лишь простейшим полевым стереоскопом. Следовательно, из аэрофотоснимков извлекается далеко не все, что они могут дать при углубленном дешифрировании.

Наряду с обычным приемом дешифрирования отдельных аэрофотоснимков (с помощью стереоскопа) рекомендуется применять общий обзор накидного монтажа или фотопланов. При этом следует не ограничивать одновременный обзор одной или двумя смежными трапециями, а монтировать контактную печать или фотосхемы на возможно большой площади, чтобы можно было одним взглядом охватить эту территорию и подметить общие закономерности крупного масштаба, которые неуловимы при рассмотрении небольших площадей. Этот способ особенно часто применяется геоморфологами, хотя он не менее полезен и геологам.

Обзор накидного монтажа рекомендуется производить несколько раз во время работ партии. В тех случаях, когда геолог имеет возможность

совершать полеты над районом работ, такой обзор может служить хорошей тренировкой перед полетом. Глаз наблюдателя привыкает к изображению местности с птичьего полета, что помогает геологу ориентироваться во время аэровизуальных наблюдений.

Наряду с дешифрированием плановых аэрофотоснимков применяется дешифрирование перспективных снимков. Здесь, в зависимости от задач, можно либо ограничиться простейшим дешифрированием видимых в перспективе объектов, либо произвести предварительное трансформирование снимка в специальных фотокамерах (фоторазвертывающий станок) и затем уже выправленный плановый снимок дешифрировать в обычном порядке.

Геологическое дешифрирование рекомендуется производить перед выездом в поле. Такое предварительное дешифрирование позволяет изучить по снимкам ландшафтно-географические особенности района, гидрографическую сеть, орографию, растительность, дороги и населенные пункты и пр. Вместе с тем выявляются главнейшие обнажения, разрабатывается точная схема маршрутов. Эти сведения облегчают составление проекта работ.

Предварительное дешифрирование дает возможность наметить эталонные аэрофотоснимки геоморфологических элементов и типов рельефа, свойственных главнейшим литологическим комплексам. Часто удается даже составить предварительную схему геоморфологического районирования, а также установить некоторые элементы геологической структуры.

Рекомендуется составлять схемы предварительного дешифрирования аэрофотоснимков. Для этого следует снимать на кальку план гидросети с репродукций накидного монтажа и затем, перелистывая контактные отпечатки, наносить условными знаками все особенности, которые удастся подметить при дешифрировании.

Геологическое дешифрирование аэрофотоснимков широко применяется в полевой обстановке. Тут обычно используются портативные стереоскопы типа «Циклоп» или полевые стереоскопы типа СЗЛ-1 (складной зеркальный стереоскоп), а также стереоскопические очки. Иногда дешифрирование ведется непосредственно с самолета во время аэровизуальных наблюдений без приборов (путем пометок на аэрофотоснимках).

Геологическое дешифрирование возможно применять при наличии хорошей аэрофотоосновы даже без полевых работ, например с целью уточнения и исправления контуров ранее составленных геологических и геоморфологических карт. В некоторых случаях это оказалось весьма полезным.

Методика геологического дешифрирования излагается ниже.

### ОБНАРУЖЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПО АЭРОФОТОСНИМКАМ ОБНАЖЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Если исследуемый участок не густо залесен и размеры обнажения достаточно велики, можно с помощью стереоскопа по аэрофотоснимку установить тип обнажения: горный гребень, скальный обрыв, останец выветривания, стенка карьера, террасы, берега и т. п.

В районах хорошо обнаженных, особенно в горных, пустынных и полупустынных, может быть поставлен вопрос о выявлении по аэрофотоснимкам таких обнажений, в которых должны быть видны разрывы сплошности пород, контуры ограничения магматических тел, участков погружения шарниров складок, участков с наиболее полно обнаженным стратиграфическим разрезом и т. п.

В густо залесенной местности необходимо поставить вопрос о выделении площадей предполагаемых обнажений. Не всякое обнажение по своим размерам отражается в масштабе данного аэрофотоснимка, но,

руководствуясь рядом косвенных признаков, можно по этим снимкам оконтуривать площадь предполагаемых обнажений. В частности, в районах, покрытых густым лесом, мелкие обнажения оказывают влияние на структуру лесного покрова, а это отражается на снимке.

В районах, покрытых редким лесом или открытых, мелкие обнажения отражаются на снимках соответствующими изменениями в распределении света и тени.

В местах, где развиты элювиальные (остаточные) почвы, изменение их окраски иногда свидетельствует о неглубоком залегании коренных пород, а следовательно, и о возможности нахождения их обнажений.

Обнажения коренных или четвертичных пород бывают представлены одними и теми же формами (крутыми обрывами, склонами и т. п.) и поэтому одинаково отражаются на аэрофотоснимках.

Изучение обнажения необходимо начать с его измерений. Последние производятся либо на специальных измерительных стереоскопах, либо на простом стереоскопе при помощи параллактических линеек. В полевой обстановке может быть применен стереокомплекс Дробышева — весьма портативный и удобный прибор. Если обнажены горизонтально залегающие пласты, то определяются высота подошвы и бровки (верхней части) обнажения над уровнем реки или тальвега, а также превышение бровки склона над бровкой обнажения, для того чтобы установить, какая часть склона обнажена.

Далее, если это возможно, выделяются пласты, свиты и устанавливаются границы между ними. Как известно, твердые слои, устойчивые по отношению к выветриванию, образуют выступающие, положительные элементы рельефа, а мягкие, слабые слои, наоборот, образуют понижения — отрицательные формы. Выделение толщ или пластов и определение их границ по аэрофотоснимкам основаны на этой зависимости рельефа поверхности от литологического состава пород, обнажающихся в данном районе. Каждый член стратиграфического разреза, представленный определенным литологическим типом пород, в данных климатических условиях характеризуется и определенным типом рельефа.

Так как под стереоскопом отлично видны положительные и отрицательные элементы рельефа, то, следовательно, используя вышеупомянутую закономерность, можно выделить среди обнажающихся пород твердые и мягкие слои, установить количественные соотношения и характер размещения их в разрезе.

Многочисленные наблюдения в аридных областях, в условиях почти полного обнажения коренных пород, показывают, что характер микрорельефа сильно связан с литологией пород.

Важным преимуществом аэрофотоснимков перед обычными картами является их способность отражать микрорельеф. Это позволяет произвести классификацию типов микрорельефа и найти признаки различия как среди положительных, так и среди отрицательных его элементов.

Определенные элементы микрорельефа, свойственные какому-нибудь определенному пласту, отчетливо намечают выход этого слоя на поверхность и позволяют выделить последний в разрезе среди других слоев.

Тональная гамма, в виде которой передается на аэрофотоснимке различная окраска слоев разреза, также может быть использована при изучении разреза и выделении слоев. Следует только помнить, что тональная гамма на снимке отражает цвет пород, обнажающихся на поверхности, т. е. выветрелых, а не свежих.

Известно, что цвет некоторых пород во влажном состоянии сильно отличается от цвета тех же пород в сухом состоянии. Поэтому при выделении слоев по тональным признакам важно знать, в какое время года и в каких атмосферных условиях происходила аэрофотосъемка. При изучении тональной гаммы важно также иметь шкалу тонов.

Необходимо отмечать: основной тон, его интенсивность и оттенки (например, серый, темносерый, почти черный), а также степень однородности или неоднородности тона, распределение тонов (равномерное или неравномерное, полосчатое, полосуатое, пятнистое), характер перехода одного тона в другой и т. д.

Особенно хорошие результаты дает использование тональной гаммы в аридных областях, в которых цветная гамма разреза подчас полностью выражена на земной поверхности.

При выделении слоев методом дешифрирования разнообразных прямых и косвенных признаков следует обращать внимание на характер верхней и нижней границ. Сопоставляя формы микрорельефа на разных слоях, изучая тональные различия последних, распределение растительности и т. д., можно легко проследить нижнюю и верхнюю границы того или иного слоя.

В случае резких границ между слоями следует обратить внимание на особенности этих границ (прямолинейные, неровные и т. п.). Конечно, подобные наблюдения можно провести лишь в том случае, если эти детали улавливаются на аэрофотоснимках данного масштаба.

Часто границы между слоями выражены достаточно четко вследствие изменения литологического состава, наличия поверхностей размыва и т. п. В случае неровных границ, заставляющих допускать перерыв, следует тщательно изучить на контакте слоев характер микрорельефа, распределение растительности и пр. Наконец, изменения установленных признаков слоев по простиранию могут указывать на фациальные изменения этих слоев.

Производство этих операций при предварительном дешифрировании позволяет выделить главные слои и ознакомиться с разрезами обнаруженных обнажений. Эти результаты имеют важное значение для рационального проведения полевых работ.

В. П. Мирошниченко считает, что при предварительном дешифрировании по аэрофотоснимкам можно выделить даже главные литологические группы пород — известняки, песчаники, сланцы, граниты и т. п., но эти предположения при последующей наземной проверке могут существенно измениться. Поэтому он рекомендует выделять лишь основные литологические комплексы, которые легко различимы на снимках, и давать им лишь предварительные наименования, которые не следует понимать слишком буквально.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТОВ<sup>1</sup>

Определение падения и простирания пластов по аэрофотоснимкам или на основании аэровизуальных наблюдений возможно лишь в том случае, если слои достаточно четко отражены в рельефе поверхности.

Измерение элементов залегания и мощности слоев по аэрофотоснимкам бывает особенно эффективным в тех случаях, когда плоскости напластования достаточно круто падают. Эти измерения возможно производить только с помощью стереоскопа, дающего полное представление об ориентировке структур пород в трех измерениях.

Так как аэрофотосъемка производится с большой высоты, рельеф местности на снимке уплощается. Отсюда возникает опасность неправильного дешифрирования обнажений горизонтальных или полого падающих структур.

Способ определения положения слоя в пространстве по аэрофотоснимкам основан на известной связи рельефа с геологической структурой. Эта связь особенно выразительно проявляется в высокогорных районах. Но и в среднегорных районах и даже в районах с невысокими

<sup>1</sup> Составил В. П. Мирошниченко.

увалистыми формами измерение элементов залегания является возможным. Очевидно, что эти измерения наиболее удобно производить на снимках, изображающих идеально обнаженные структуры.

Возьмем для примера стереопару с изображением моноклинально залегающей серии напластований, которая размыта системой оврагов (рис. 134). Между оврагами, ориентированными



Рис. 134. Стереопара моноклинально залегающей серии напластований

а при крутом падении твердые слои дают барьерообразные формы, мягкие — ложбины, рвы (рис. 137) <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Условимся называть: а) выступы крепких слоев при вертикальных углах падения — пластовыми барьерами, а понижения между ними, приуроченные к мягким слоям, — кулуарами; б) треугольные, трапециoidalные и полуэллиптические вырезы (денудационные уступы) в наклонной серии напластований — пластовыми треугольниками, трапециями, полуэллипсами, причем вершину пластового треугольника, лежащую на водоразделе, будем называть водораздельной; в) остатки размытого горизонтально залегающего слоя — пластовыми останцами.

перпендикулярно к водораздельной вершине пластового треугольника, водоразделу сложен пачками твердых и мягких слоев, как бы черепицеобразно налегающими одна на другую. При этом поперечные сечения этих оврагов будут иметь треугольный или трапециoidalный профиль (в случае присутствия в разрезе твердых слоев) или полуэллиптический (в случае преобладания мягких слоев). В соответствии с этим очертания черепицеобразно налегающих слоев имеют вид угловатых или трапециoidalных фигур с зазубренными краями пластов или, наконец, полуэллипсов.

Твердые слои образуют гребни, мягкие, наоборот, понижения между гребнями. На рис. 135 отлично видна целая система таких угловатых форм, очертания которых зависят от угла падения пластов. При уменьшении угла падения пласты как бы вытягиваются, а при горизонтальном залегании образуют останцовые формы (рис. 136). При увеличении угла падения они, наоборот, укорачиваются,

Подобную картину можно наблюдать как по простиранию, так и вкрест простирания свит.

Таким образом, очертания указанных форм рельефа всегда тесно связаны с углом падения слоев. На специальной схеме (рис. 138) показаны изменения форм рельефа для пород с неодинаковой устойчивостью по отношению к выветриванию, соответствующие изменениям угла падения (от 90 до 0°).

Пользуясь приведенными указаниями, легко по аэрофотоснимкам определять элементы залегания слоев как по простиранию, так и по падению.

Для определения падения надо запомнить следующее правило: линия падения направлена от водораздельной вершины пластового треуголь-



Рис. 135. Блок-диаграммы пластовых треугольников

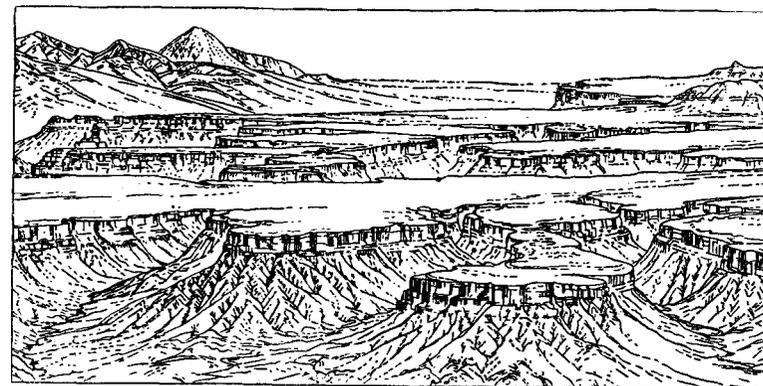


Рис. 136. Вид пластовых останцов в перспективе

ника перпендикулярно к его основанию. Если вершины в основании пластового треугольника соединить горизонтальной прямой линией, то получим линию простирания слоя.

Пластово-останцовый тип рельефа на аэрофотоснимке указывает, что пласты горизонтальны или полого падают.

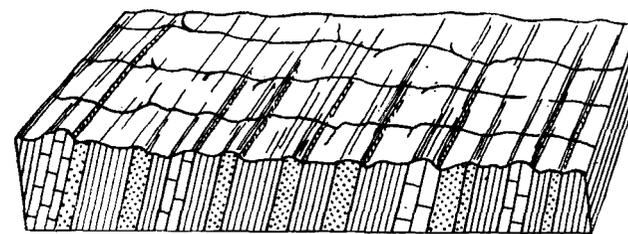


Рис. 137. Блок-диаграммы пластовых барьеров

Пластово-барьерный тип рельефа говорит о наклоне слоев, причем если треугольники вытянуты, то наклон слабый, а если они коротки, то наклон крутой. Пластово-барьерный тип рельефа указывает на вертикальные слои. При известном

навыке можно определить величину угла падения с точностью до 5—10° по характеру пластовых треугольников. Кроме такого упрощенного определения, возможно точное измерение угла падения слоя. Так как пластовый треугольник образуется в результате пересечения плоскости слоя с дневной поверхностью, то для пространственного определения положения этой плоскости достаточно

При известном

взять на ней три точки и получить высотные отметки последних, а затем по трем точкам определить положение слоя. Такими являются водораздельная вершина пластового треугольника и две другие точки, лежащие в соседних тальвегах. Впрочем, можно на одном и другом склонах водораздела, в плоскости слоя, взять любые другие точки ниже водораздельной вершины — результат измерения будет тот же.

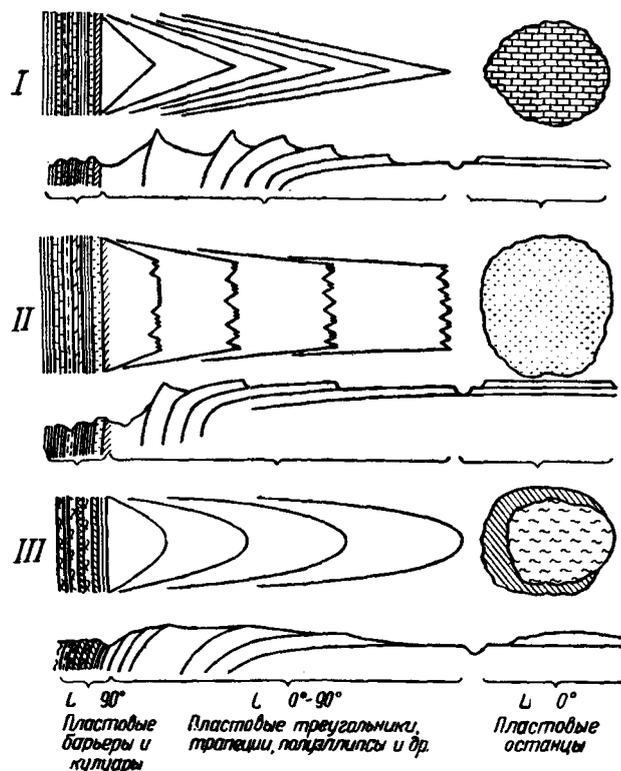


Рис. 138. Геоструктурные элементы рельефа в зависимости от устойчивости преобладающих в разрезе пород и угла падения пластов (изменяющегося от 90 до 0°)  
Преобладающие породы: I — известняки; II — пески; III — глины

делено, особенно если он трансформирован. Высотное определение точек производится при помощи измерительного стереоскопа или портативного и удобного для полевой работы стереокомплекса Дробышева.

Измерения при помощи стереокомплекса включают следующие операции:

1. По координатным меткам находим главные точки стереопары,
2. Переносим главные точки на соседние снимки,
3. Измеряем расстояния  $B$  между главными точками,
4. Определяем высоту полета  $H$ :

$$H = \frac{D}{d} \cdot f,$$

где  $D$  — отрезок на местности;  
 $d$  — изображение этого же отрезка на снимке;  
 $f$  — фокусное расстояние аэрофотокамеры.

5. Вычисляем отношение высоты полета  $H$  к базису съемки  $b$  и получаем коэффициент

$$K = \frac{H}{b}.$$

6. Накладываем стеклянные линейки стереокомплекса нитями на первую точку как на одном, так и на другом снимках, получаем стерео-

эффект и берем на металлической линейке отсчет  $P_1$  (при получении стереоэффекта главные точки снимков, а также главные перенесенные точки должны быть на одной прямой, параллельной базису наблюдателя).

7. Перемещаем нить, по которой только что взяли отсчет, на вторую точку и берем отсчет  $P_2$ . Затем перемещаем нить на третью точку и берем третий отсчет  $P_3$ .

8. Переключаем, не нарушая установки, металлическую линейку ко второй стеклянной линейке и повторяем операцию п. 7. При этом возьмем отсчеты  $P_1'$ ,  $P_2'$ ,  $P_3'$ .

9. Замечаем разность перемещений линеек в отношении всех трех точек и, помножив ее на 0,1 (цена деления металлической линейки), получаем приращения  $P$ :

$$(P_1 - P_1') \cdot 0,1 = \Delta P_1;$$

$$(P_2 - P_2') \cdot 0,1 = \Delta P_2;$$

$$(P_3 - P_3') \cdot 0,1 = \Delta P_3.$$

10. Разность высот точек получим, умножив приращения  $P$  на коэффициент  $K$ :

$$h = \Delta P \cdot K.$$

Вычисление элементов залегания слоя по пластовому треугольнику, обозначенному на рис. 134, при помощи стереокомплекса Дробышева показало, что слой падает на юго-юго-восток под углом 27—30° по отношению к горизонтальной плоскости. Точность измерения относительных высот вершин пластового треугольника  $\pm 3$  м. Точность определения азимута линии падения или простирания слоя  $\pm 1$ —2°, определения угла падения  $\pm 3^\circ$ .

Точность измерения элементов залегания слоя может быть значительно повышена, если пользоваться не стереокомплексом, а более точными стереоприборами.

Точность определения угла падения, помимо всего прочего, зависит еще от величины пластовой формы: чем больше последняя, тем выше точность измерения.

Определение мощности слоя по аэрофотоснимкам не представляет затруднений: измерив непосредственно на снимке при помощи циркуля вкрест простирания ширину полосы данного слоя и определив вышеуказанным способом угол наклона слоя, мы легко найдем истинную мощность его.

Определение по аэрофотоснимкам простирания структур и отдельных слоев представляет простую задачу, если они ясно видны на снимках. Задача сводится лишь к ориентировке снимка относительно стран света и измерению простирания при помощи компаса. Часто простирание устанавливается по различным косвенным признакам: по закономерно ориентированным элементам рельефа, гидрографической сети, растительности, почвам и т. п. В этих случаях нетрудно установить также направление падения, но значительно сложнее измерить угол падения.

#### КОРРЕЛЯЦИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ С НАТУРОЙ<sup>1</sup>

Сопоставление изображений объектов на аэрофотоснимках с природными объектами (т. е. корреляция) имеет большое значение для полевых работ.

Прежде всего необходимо получить корреляции геометрического масштаба. Так как при фотосъемке самолет не может находиться на

<sup>1</sup> По материалам В. П. Мирошниченко.

одной высоте, то масштаб снимков не одинаков<sup>1</sup>. Например, при заданном масштабе 1 : 25 000 могут быть колебания от 1 : 23 000 до 1 : 27 000.

Для определения масштаба аэрофотоснимка необходимо на местности (или, если имеется карта, на карте) опознать две какие-либо точки снимка, затем как на снимке, так и на местности между этими точками измерить расстояния. Делением величины расстояния, замеченного по снимку, на величину действительного расстояния между точками может быть найден истинный масштаб снимка. Установив истинный геометрический масштаб, можно приступить к измерениям по аэрофотоснимкам.

Необходимо установить также, насколько аэрофотоснимки данного масштаба способны воспроизводить рельеф поверхности обнажения, который в основном относится к микроформам или к отдельным элементам рельефа.

В зависимости от сложения и литологического состава пород величина этих элементов различная. Например, обнажения сланцев имеют мелкий и сложный рельеф поверхности, в то время как обнажения известняка или песчаника характеризуются более крупными элементами рельефа. Для измерений на аэрофотоснимках с помощью стереоприборов необходимо, чтобы поперечник наименьшего природного объекта на снимке выражался величиной не менее 0,5—1,0 мм (размер изображения, свободно различаемого на черно-белом чертеже невооруженным глазом). Если, например, наибольшая величина элементов рельефа, выражающих связь с геологической структурой, достигает нескольких десятков метров, то снимки масштаба 1 : 25 000 будут недостаточными по детальности<sup>2</sup>, так как не воспроизведут нужную структуру поверхности обнажения. В этом случае необходимо обратиться к мезоформам рельефа, которые часто выражают уже совокупность ряда соседних обнажений.

Конечно, невозможность непосредственного использования форм поверхностей обнажений ведет к понижению точности исследования. Для избежания этого геолог должен предъявлять определенные требования к аэрофотосъемочным предприятиям в отношении геометрического масштаба аэрофотосъемки.

Коррелятивные признаки должны быть получены на характерные обнажения всех свит исследуемого района. Необходимо постоянно сопоставлять общую конфигурацию форм рельефа обнажений всех свит в натуре и на снимках, для того чтобы глаз привык моментально замечать, насколько разнятся последние. Необходимо, как говорится, «наметать глаз».

Важным моментом в корреляции является оценка тональной гаммы аэрофотоснимков. Окраска объекта исследований как в целом, так и деталей, а также яркость этой окраски имеют важное значение при картировании в поле. Поэтому тон, которым на аэрофотоснимках передается окраска, служит хорошим признаком и для выделения слоев на этих снимках. Поэтому корреляция окраски объектов в натуре и соответственных тонов на снимках является важным звеном всей работы. Фотометрический масштаб, выражающий отношение яркости природных объектов и тех же объектов на снимках, служит в известной мере для этой цели. Яркость объекта, или количество отраженного им света, определяется специальными приборами — альбедометрами. В крайнем случае это может быть сделано глазомерно. Зная соотношение яркости пород в натуре и на аэрофотоснимках, можно классифицировать тона и произвести привязку каждого тона к его цветовому натуральному выражению.

<sup>1</sup> Масштаб аэрофотоснимков зависит также от рельефа местности.

<sup>2</sup> При этом масштабе на аэрофотоснимках отчетливо воспроизводятся детали размером не менее 125—250 м.

В результате всех наблюдений, направленных на установление корреляции фотоизображения и природного объекта, мы получим все данные, которые необходимы для правильного применения материалов аэрофотосъемки при геологической съемке. Эти наблюдения с особенной тщательностью должны производиться в начале полевых работ.

Производя наблюдения для установления корреляций, необходимо иметь в виду, что характер ландшафта меняется в зависимости от времени года, атмосферных условий, условий освещения и т. п. Весенний тон растительного покрова иной, чем летний или осенний, не говоря уже о зимнем. Тон обнаженных пород после дождя другой, чем в сухое время. Рельеф в одних условиях освещения выглядит иначе, чем в других, и т. д. Поэтому при правильной корреляции важно по возможности исключить влияние факторов, влияющих на ландшафт. Надо заметить, что это довольно сложное дело. Проще всего, хотя это и не всегда возможно, наблюдения с целью корреляции производить в такое же время года и в те же часы, когда производилась аэрофотосъемка.

### ДЕШИФРИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТОЛОГИИ

Известно, что различная устойчивость пород по отношению к выветриванию, даже при одинаковых условиях денудации, обуславливает различные формы рельефа, особенно мезо- и микрорельефа. Эти особенности рельефа используются при дешифрировании пород различного литологического состава. Конечно, наилучшее представление о литологии пород можно составить в районах с идеальной обнаженностью, где покровные образования маломощны и встречаются лишь местами.

Дешифрирование литологии по аэрофотоснимкам позволяет выделять далеко не все разновидности пород. По общему облику обычно легко удается отличать слоистые осадочные породы от массивных изверженных пород.

**Осадочные породы.** С точки зрения дешифрирования все осадочные породы делятся на две большие группы: плотные (цементированные) и рыхлые (нецементированные).

Рыхлые породы — пески, супеси, суглинки, глины, лёссовидные породы и т. п. — имеют склонность осыпаться, оплывать, они образуют оползни или просадки. Поэтому развивающиеся на них формы рельефа обычно более сглажены по сравнению с рельефом на плотных породах. Конечно, при анализе рельефа необходимо учитывать его возрастную стадию. Бывают случаи, когда, например, лёссы в свежих глубоких рывинах образуют отвесные обрывы высотой до нескольких десятков метров, но такие лёссовые стены могут развиваться только в определенных климатических условиях.

Для рыхлых глинистых пород характерно тонкое перистое или дендритовое эрозионное расчленение, для песчаных — более редкая дренажная система. Рисунок микрорельефа будет существенно различным на породах одинакового состава, но различно дислоцированных. При горизонтальном залегании пачки слоев разнородного состава обычно развивается ветвистая речная сеть и по бортам долин — ступенчатость, очертания которой на аэрофотоснимках напоминают горизонтали. При наклонном залегании пластов разнородного состава развивается куэстовый тип рельефа.

Рыхлые аккумулятивные образования часто целиком слагают отдельные элементы рельефа, среди которых следует различать два основных типа: крупные плоские формы рельефа (аллювиальные, пролювиальные, лёссовые, зандровые, морские, озерные равнины) и элементы мезорельефа (дюны, барханы, береговые валы, прирусловые гривы, террасы, грязевые вулканы, делювиальные шлейфы, конусы выноса и т. п.).

Литологический состав мезоформ обычно хорошо дешифрируется на основании геоморфологических признаков, литология же аккумулятивных равнин дешифрируется по аэрофотоснимкам весьма приблизительно (по различным косвенным признакам).

Плотные сцементированные породы обладают высокой степенью устойчивости к денудации. При горизонтальном напластовании они обычно дают дендритовый рисунок речной сети. При наклонном залегании пластов этот рисунок находится в зависимости от простирания структур (складок и трещин).

В районах с хорошей обнаженностью обычно удается различать по аэрофотоснимкам породы песчанистые, аргиллитовые и известковистые. Эти породы распознаются по цветовой гамме, а также по степени устойчивости к эрозии. При наклонном залегании они образуют уступы (куэсты), а также описанные выше пластовые треугольники, полуэллипсы, при крутом — барьеры, а иногда характерный рельеф останцов выветривания — столбы, пирамиды, моноклины и т. п. Зная особенности этих форм, можно по снимкам дешифрировать литологический состав слагающих их пород.

**Изверженные породы.** Современные изверженные породы — лавы — обычно имеют темную окраску, лишены почвенного и растительного покрова и отличаются типичными геоморфологическими особенностями, вследствие чего дешифрирование их литологического состава не представляет затруднений.

Вулканические конусы, неки, различные дайки и жилы, выступающие на поверхности, дешифрируются также по геоморфологическим признакам. Лавовые потоки характеризуются сложными натечными очертаниями. Гипабиссальные интрузии дешифрируются главным образом на основании формы тел, характерной трещиноватости и структурных соотношений с окружающими породами. Петрографические различия дешифрировать тут обычно не удается.

Дайки и гипабиссальные интрузии распознаются легко, а пластовые интрузии — значительно труднее (по структурным ступеням). Лакколиты дешифрируются благодаря кольцевому расположению окружающих их пород.

Глубинные интрузивные породы дают на аэрофотоснимках более или менее однородный рисунок земной поверхности. Здесь большое значение имеют элементы трещинной тектоники, которые иногда создают весьма типичные формы рельефа. Иногда при дешифрировании глубинных пород большую помощь оказывает неоднородная окраска различных типов пород.

**Метаморфические породы.** По характеру рисунка метаморфические породы обычно легко удается отделить от изверженных пород, но детальное литологическое дешифрирование возможно лишь после установления характерных черт каждого типа при наземной корреляции аэрофотоснимков на местности.

#### ДЕШИФРИРОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

При дешифрировании геологических структур по аэрофотоснимкам удается определить характер складок, поведение их шарниров, разрывы сплошности пород, а также произвести соответствующие измерения. Другими словами, с помощью этих снимков можно производить качественный и количественный анализ тектоники исследуемого района.

Для определения характера складок необходимо обратить внимание на взаиморасположение пластовых треугольников, трапеций и других структурных элементов. Если на снимках водораздельные вершины пластовых треугольников обращены в одну сторону, а линия, соединяющая вершины треугольников по простиранию одного и того же слоя, более

или менее прямая, это указывает на моноклиналиное падение свиты. Если же эта линия образует замкнутый контур, это означает, что свита сложена в складку: антиклинальную, когда вершины пластовых треугольников обращены внутрь контура, или синклиналиную, когда эти вершины обращены в противоположные стороны.

Если пластовые треугольники на крыльях складки одного и того же типа — складка прямая. Если на одном крыле они вытянутые, а на другом короткие или даже переходят в пластовые барьеры — складка косая. Если вершины пластовых треугольников на обоих крыльях обращены в одну сторону — складка опрокинутая.

Если на крыле складки пластово-останцовый элемент рельефа сменяется пластово-треугольным и, наконец, пластово-барьерным, то крыло делается все более крутым. При дальнейшем прослеживании крыла могут встретиться два случая:

1. Пластово-барьерный элемент сменяется пластово-треугольным, причем водораздельные вершины бывают обращены в ту же сторону, что и ранее, — крыло вновь становится положе.

2. Происходит та же смена, что и в первом случае, но водораздельные вершины обращены в другую сторону, чем это было ранее, — складка опрокидывается.

Дешифрирование крупных элементов геологической структуры часто производится путем детального изучения плана речной сети, ориентировки водораздельных гребней или увалов, котловин и депрессий. На основании сопоставления всех данных по оро-гидрографии обширной территории часто удается установить закономерности, обусловленные крупными структурами. Этот метод является по существу геоморфологическим.

#### ДЕШИФРИРОВАНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Среди многочисленных отраслей геологии, в которых с успехом применяются аэрометоды, геоморфология, пожалуй, стоит на первом месте.

Хотя аэрометоды глубоко проникли в область геоморфологии, однако методика геоморфологического дешифрирования аэрофотоснимков еще недостаточно разработана. Это объясняется тем, что аэрофотоснимки, особенно перспективные, на первый взгляд могут показаться ясными сами по себе, не требующими никакого специального дешифрирования. Такое мнение ошибочно. Далеко не всегда удается сразу по снимку установить генезис форм рельефа, даже весьма отчетливо выраженных. Часто бывают случаи морфологического совпадения, когда одинаковые по внешнему виду формы возникают в разных местах под воздействием различных процессов (например, полигональные формы в тундре и пустыне).

Возможности использования снимков для геоморфологического дешифрирования весьма разнообразны. Укажем лишь главнейшие:

1. Классификация и описание геоморфологических объектов.
2. Изучение типов рельефа для выявления геоморфологических районов.
3. Изучение геоморфологических элементов для установления возрастной стадии и эволюции форм рельефа.
4. Изучение отдельных геоморфологических процессов и образуемых ими форм (может иметь приложение и для разнообразных практических целей — борьба с эоловыми песками, с эрозией почв, развитием оврагов, оползнями, лавинами, горными обвалами и т. д.).
5. Изучение динамики современных рельефообразующих физико-географических процессов.

Аэрометоды оказали существенное влияние на методику геоморфологической съемки. Применение аэрометодов значительно расширило

кругозор геоморфолога и повлекло за собой необходимость картировать не только «мелкие формы», т. е. объекты, изучаемые «скульптурной геоморфологией» (долины, дюны, озы, камы, террасы, дельты и т. п.), но также «большие формы», т. е. объекты, изучаемые «структурной геоморфологией» (горные хребты, плато, равнины и т. п.).

При картировании мелких форм основное значение имеет метод дешифрирования плановых аэрофотоснимков; наоборот, при картировании больших форм важное значение имеют фотосхемы, репродукции накидного монтажа, перспективные аэрофотоснимки, а также аэровизуальные обзоры с больших высот.

Обычно трудно провести грань между геологическим и геоморфологическим дешифрированием, так как при изучении геологических структур постоянно применяется анализ рельефа и дается его интерпретация. Но иногда объектом дешифрирования являются только аккумулятивные формы рельефа, сложенные рыхлыми отложениями, например разнотипные формы ледникового рельефа (конечные морены, камы, озы, друмлины и т. п.). В этих случаях процесс дешифрирования ограничивается изучением внешней формы объекта и установлением его генезиса. Подобное дешифрирование условно принято считать чисто геоморфологическим.

Так как почти все генетические типы четвертичных отложений, залегающих на поверхности, имеют ясное отражение в современных формах рельефа, картирование четвертичных отложений по аэрофотоснимкам не может быть оторвано по существу от геоморфологического картирования, поскольку задача сводится к оконтуриванию геоморфологических объектов, сложенных четвертичными отложениями.

#### ПОНЯТИЕ О СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ТИПАХ РЕЛЬЕФА И ВЛИЯНИЕ НА НИХ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

Во время предварительного дешифрирования обычно удается выделить аэрофотоснимки, сходные между собой по рисунку рельефа, очертаниям геоморфологических элементов, растительного покрова и прочим характерным признакам. Ясно, что тип аэрофотовида складывается из комплекса признаков. Для нас особенное значение имеет взаимосвязь между литологическим составом пород и образующимися на них типами рельефа. Аэрофотоснимок, характерный для того или иного типа рельефа, условимся называть эталонным снимком. Очевидно, что если удастся составить классификацию всех характерных типов рельефа и установить генетическую связь их с определенными литологическими типами пород и структурными особенностями пластов, то по эталонным снимкам возможно будет определять литологию пород и структуру пластов.

Формирование различных типов рельефа зависит от следующих факторов:

- 1) литологического состава пластов, мощности слоев, количества в разрезе слоев разнородного состава;
- 2) степени сложности геологической структуры, в частности трещиноватости пород и угла падения пород;
- 3) климатических условий, влияющих на ход физических процессов (выветривания, эрозии, денудации и т. п.).

В различных климатических зонах по-разному протекают процессы выветривания. Вследствие того что каждой климатической зоне присущи определенный тип выветривания и определенная степень интенсивности эрозии и денудации, при прочих равных условиях, в различных климатических зонах на одинаковых породах возникнут различные типы рельефа. Зато в одной и той же климатической зоне, на породах

определенного литологического состава и одинаковой структуры типы рельефа будут одинаковы даже в разных частях света. Это влияние климата на рельеф особенно важно учитывать при геологическом и геоморфологическом дешифрировании.

В начале полевых наблюдений путем сопоставления снимков с наземным видом каждого типа рельефа устанавливаются окончательные эталоны типов рельефа, с помощью которых ведется дальнейшее наземное картирование.

В. П. Мирошниченко рекомендует при изучении стратиграфического разреза подобрать аэрофотоснимки типов рельефа для всех главных свит разреза в трех вариантах — для горизонтального, пологого и крутого залегания слоев. Такие сводные стратиграфические колонки, снабженные аэрофотоснимками типов рельефа, характерных для определенных членов стратиграфического разреза, оказывают большую помощь при геологическом и геоморфологическом дешифрировании и картировании.

Обычно в отчетах полевых партий, пользовавшихся аэрометодами, содержатся специальные главы, посвященные характеристике типов рельефа, свойственных каждому члену стратиграфической колонки.

Подобная характеристика типов рельефа представляет собой описание «опознавательных признаков», с помощью которых можно определить на местности тот или иной пласт или толщу.

#### ПРИЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОМЕТОДОВ

Аэрофотооснова позволяет производить геологическое картирование не только в полевой обстановке, но также и в камеральных условиях. Можно различать следующие виды работ.

**1. Геологическое картирование в камеральных условиях.** Пользуясь различными методами дешифрирования аэрофотоснимков, можно производить ревизию ранее составленных геологических карт. Материалы дешифрирования позволяют значительно уточнить очертания геоморфологических объектов, обозначенных на карте, и тем самым повышают степень детальности геологических карт, составленных ранее методами обычной наземной съемки.

Весьма эффективным может быть метод прослеживания структурных линий, типов рельефа и других морфологических особенностей на территориях, смежных заснятым в поле, имеющих тождественное геологическое строение и обеспеченных хорошей аэрофотоосновой. С помощью метода прослеживания могут быть составлены сравнительные точные геологические карты для районов, которые еще не посещались геологами. Несомненно, при наличии таких карт могут быть значительно сокращены время и средства, необходимые для производства полевых работ.

При наличии хорошей аэрофотоосновы может применяться метод сопоставления предварительной геологической карты для неисследованной территории. Ценность таких карт, совсем не привязанных к результатам наземных наблюдений, условна и зависит в значительной мере от степени обнаженности района, сложности геологического строения, разнообразия типов рельефа и прочих факторов.

Весьма эффективным может быть камеральное картирование геоморфологических элементов. Форма многих геоморфологических элементов (хребтов и депрессий, останцовых плато, куэст, дюн, барханов, озон, друмлинов, камов, береговых валов, террасовых уступов, дельт, стариц и пр.) настолько типична, что они безошибочно распознаются непосредственно на аэрофотоснимках и оконтуривание их в поле методами на-

земной съемки может оказаться даже менее точным, чем по аэрофотооснове.

Наконец, большое значение имеет предварительное камеральное дешифрирование аэрофотоосновы в связи с подготовкой к полевым работам.

Выше уже упоминалось, что изучение всех ландшафтно-географических особенностей района работ (дорог, обнажений и т. п.) обеспечивает наиболее рациональное планирование и сокращает время и расходы на производство полевых работ, а также позволяет начать эти работы с большим запасом конкретных сведений, что несомненно положительно отражается на всей работе.

**2. Наземная полевая геологическая съемка на аэрофотооснове<sup>1</sup>.** От обыкновенной геологической съемки этот вид съемки отличается некоторыми специфическими особенностями. Аэрофотооснова содержит больше деталей, чем обычная топографическая карта, и позволяет выделить важнейшие обнажения, что помогает построить сеть наземных маршрутов более целесообразно.

Уже предварительное дешифрирование дает возможность заранее наметить некоторые черты геологической структуры: границы между некоторыми свитами, основные типы рельефа, наконец, ряд косвенных признаков, указывающих на особенности геологии и геоморфологии района.

Следовательно, геологическое картирование на аэрофотооснове ведется не вслепую, а представляет собой до известной степени проверку того, что уже обнаружено при предварительном дешифрировании. В начале полевых работ производится корреляция аэрофотоснимков с натурой, в результате чего окончательно устанавливаются эталоны типов рельефа и подбираются эталонные снимки, которые используются в дальнейшем процессе полевого картирования.

Одновременно сопоставляются с натурой результаты измерений по аэрофотоснимкам элементов залегания и тем самым устанавливаются степень точности дешифрирования и предел погрешностей. Все эти операции позволяют выработать точные критерии геологического дешифрирования.

Подобрав эталонные снимки и окончательно установив типичные признаки различных геологических и геоморфологических элементов, приступают к основной работе по прослеживанию границ и оконтуриванию геологических объектов. Эта работа осуществляется приемами обычной наземной геологической съемки, с тем отличием, что сеть маршрутов может быть сокращена без ущерба для детальности, если геологические границы отчетливо выделяются на аэрофотоснимках.

Из сказанного не следует делать вывод, что сеть наземных маршрутов можно всегда значительно сократить. Изучение стратиграфии, особенно в сложноскладчатом районе, требует посещения всех главных обнажений. Однако наличие на аэрофотоснимках различных деталей, помогающих определять геологические границы, дает возможность выполнить геологическую съемку на аэрофотооснове в более короткий срок и с более высоким качеством по сравнению со съемкой, проводимой на обычной (наземной) топооснове.

При наземной съемке на обычной топооснове возникает необходимость широкой интерполяции. При работе на аэрофотооснове степень точности меньше зависит от густоты маршрутов, так как между линиями соседних маршрутов мы имеем дополнительные наблюдения на аэрофотоснимках, которые в ряде случаев отражают геологическую ситуацию. Кроме того, и самый характер интерполяции изменится, так как интер-

поляция через пространства, представляющие оптически точную стереомодель местности, значительно легче и безусловно точнее.

Одной из наиболее трудоемких операций геологической съемки являются прослеживание шаг за шагом и протягивание на карте различных контактов и границ. Аэрофотооснова сильно облегчает и эту работу, так как нет необходимости непрерывно прослеживать границы и контакты, ясно изображенные на аэрофотоснимках. Иногда с помощью аэрофотоосновы по различным косвенным признакам удается прослеживать геологические границы даже на закрытых участках. Это обстоятельство приводит к сокращению объема горных работ, а также времени и средств, необходимых для выполнения съемочных работ.

## АЭРОВИЗУАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Каждому геологу и геоморфологу, работавшему в поле, хорошо знакомо желание подняться на высшие точки в районе, чтобы осмотреть его «с высоты птичьего полета». Аэровизуальный метод раскрывает в этом отношении огромные возможности в смысле широчайшего обзора местности с любой высоты и в любых направлениях.

При дешифрировании аэрофотоснимков геолог играет лишь пассивную роль, если он сам не принимал участия в полетах и лично не вел наблюдений с самолета. Фотоснимок не дает того, что можно увидеть с самолета, и, наоборот, глаз человека никогда не сможет запечатлеть всего, что мгновенно зафиксировал объектив. Поэтому аэровизуальные наблюдения гармонически дополняют метод дешифрирования аэрофотоснимков и значительно расширяют возможности применения аэрометода в целом.

При геологических съемках в масштабах 1 : 200 000 и более крупных основным аэрометодом обычно является дешифрирование аэрофотоснимков, хотя и в этих случаях аэровизуальные наблюдения могут применяться с разнообразными целями (обзорные полеты, маршрутная рекогносцировка в сочетании с планово-перспективной аэрофотосъемкой, а также с посадками для производства наземных наблюдений). Полеты для аэровизуальных наблюдений должны совершаться по маршрутам и на высоте, указанным геологом.

К положительным свойствам аэровизуальных наблюдений относятся:

1. Возможность широкого обзора района работ для выявления общих закономерностей в расположении крупных орографических, геоморфологических и геоструктурных элементов, возможность оконтуривания их и для решения специальных задач.

2. Возможность обзора любого объекта с разных сторон и высот при разных условиях освещения.

3. Возможность изменения высоты полета, а следовательно, и быстрого перехода от общего обзора к рассмотрению деталей.

4. Возможность изучения динамики физико-географических процессов на обширных территориях путем сопоставления большого числа наблюдений объектов, находящихся в разных стадиях развития.

5. Возможность наметить различия в геоморфологии обширных территорий и дать схему геоморфологического районирования.

6. Возможность быстрой и эффективной проверки всех выделенных при предварительном дешифрировании типов рельефа и эталонных снимков, т. е. проверки критериев дешифрирования.

7. Возможность при помощи ручной фотокамеры делать необходимые перспективные и плановые аэроснимки, которые служат прекрасным иллюстративным материалом и могут быть использованы при дешифрировании.

<sup>1</sup> По материалам В. П. Мирошниченко.

К отрицательным свойствам аэровизуальных наблюдений относятся:

1. Быстрота смены объектов наблюдения и их разнообразие, что не позволяет сосредоточить внимание на изучении одного объекта.

2. Трудность документации наблюдений в полете, невысокая точность привязки наблюдений и невозможность детального геологического картирования, даже при наличии хорошей аэрофотоосновы, из-за большой скорости полета.

3. Трудность сочетания темпов аэровизуальных наблюдений с наземными работами в случае невозможности производства частых посадок (отставание наземных наблюдений вследствие трудностей наземного транспорта).

Аэровизуальные наблюдения рекомендуется применять на всех этапах полевых работ: перед началом наземных маршрутов для общей рекогносцировки и для ознакомления с особенностями района предстоящих работ; во время полевой работы, если возникнут вопросы, которые нельзя разрешить с помощью дешифрирования аэрофотоснимков; наконец, весьма полезно совершить несколько полетов после окончания полевых работ для проверки составленных полевых карт.

Самолет может быть использован для производства наземных наблюдений в районах, где возможны частые внеаэродромные посадки в степях, пустынях, на такыры или крупные песчаные косы по берегам рек, а также на водную поверхность больших рек и озер и т. п. В таких случаях аэровизуальные наблюдения производятся попутно, во время перелетов от одной внеаэродромной посадки до другой.

Соотношение времени наземных работ и аэровизуальных наблюдений может значительно изменяться в зависимости от физико-географических особенностей района и масштаба геологической съемки. Чем детальнее масштаб съемки, тем меньшее значение имеют аэровизуальные наблюдения и тем больше времени должно уделяться детальному дешифрированию аэрофотоснимков и наземному геологическому картированию. Таким образом, аэровизуальные наблюдения могут иметь наибольшую ценность при мелкомасштабных съемках. Однако при любых обстоятельствах аэровизуальные наблюдения могут служить лишь дополнением к основному виду работ — наземной геологической съемке.

Аэровизуальные наблюдения как самоцель могут быть оправданы только в совершенно неисследованных областях, как, например, полеты С. В. Обручева в 1931—1934 гг. на Чукотском полуострове. Ясно, что результаты этих исследований представляют большую научную ценность, но все же не отвечают требованиям геологического картирования даже миллионного масштаба.

Успех наблюдений находится в тесной зависимости от таких технических вопросов, как тип самолета, место расположения кабины для наблюдателя, ее размеры, условия обзора из кабины, оборудование рабочего места и т. п.

До настоящего времени аэровизуальные наблюдения в большинстве случаев ведутся с самолетов типа ПО-2, кабины которых не приспособлены для подобных работ и обычно лишены специального оборудования. Значительно лучшие условия работы имеются на гидросамолетах, где кабина наблюдателя обычно вынесена в носовую часть лодки, или самолетах АН-2.

При аэровизуальных наблюдениях крайне важно, чтобы имелась возможность наиболее широкого обзора, особенно вперед. Только при этих условиях возможно наблюдать за приближающимся объектом. На самолетах же ПО-2 кабина наблюдателя расположена так, что обзор вперед невозможен. Объекты наблюдений внезапно выступают из-под плоскости самолета и быстро проходят перед глазами, давая лишь возможность бокового обзора.

Скорость полета для аэровизуальных наблюдений должна быть как можно меньше. Идеальной машиной для аэрогеологических исследований является вертолет (геликоптер), который имеет возможность парить в воздухе и передвигаться по горизонтали.

Рабочее место в кабине наблюдателя должно быть специально оборудовано, чтобы все необходимые приборы находились перед глазами и под рукой. Нужен специальный столик для работы с картами и аэрофотоснимками, для производства записей и зарядки фотоаппаратов. Чтобы точно определять время, высоту полета, скорость и азимут маршрута, в кабине геолога должна быть смонтирована доска с часами, секундомером, альтиметром, указателем скорости, компасом и т. п. Все эти приборы находятся, конечно, также в кабине пилота.

Необходимо оборудовать на стенках кабины специальные гнезда для биноклей, фотоаппаратов, запасных кассет, светофильтров, карандашей, циркуля и карманы для аэрофотоснимков и карт. Так как любой самолет может использоваться и в качестве транспортной машины, желательно, чтобы все специальные приспособления были съемными и легко заменялись.

Связь между пилотом, штурманом и геологом-наблюдателем должна быть идеально налажена. Часто в полете возникает необходимость спросить что-либо у пилота или штурмана, просить сделать круг над объектом, изменить высоту, сообщить пилоту, с какой стороны будет производиться фотосъемка, когда нужно выровнять машину и т. п. Без телефона полет в значительной степени теряет свою эффективность. Поэтому все участки полета должны быть связаны между собой телефоном.

**Организация аэровизуальных наблюдений.** Самыми благоприятными для аэровизуальных наблюдений являются утренние и вечерние часы, когда солнце стоит низко и все элементы рельефа резко оттеняются благодаря косому освещению. В равнинных и низкоргорных районах многие объекты, которые отлично видны рано утром, днем едва удастся обнаружить, так как они не подчеркнуты тенями. В условиях высокогорного рельефа слишком резкие тени нежелательны, поэтому в данном случае рекомендуется производить аэровизуальные наблюдения при высоком положении солнца, т. е. в середине дня.

Одному наблюдателю совершать полеты ежедневно в течение ряда дней не рекомендуется. Опыт показал, что 3—4-часовой полет дает количество материалов, для обработки которого требуется не менее дня. Поэтому, если полеты для аэровизуальной съемки совершаются регулярно (в случае устойчивой погоды), лучше делать полеты через день, чтобы успевать обрабатывать результаты наблюдений. Ни в коем случае нельзя допускать несколько полетов подряд, откладывая обработку первых полетов до более свободного времени. Впечатления первого полета заслоняются последующими впечатлениями, и даже по прошествии всего нескольких дней многое будет забыто и не зафиксировано.

Применение самолета в геологической службе преследует в основном задачу ускорения темпов геологических исследований при одновременном повышении их качества и детальности. Для этого необходима правильная и четкая организация взаимодействия аэровизуальных и наземных работ.

Прежде всего должна быть обеспечена образцовая наземная маневренность. Геологу необходимо осмотреть наземно весь район исследований, иначе его полеты будут в значительной мере обесценены. Так как наземные маршруты требуют несравненно больше времени, нежели полеты, необходимо правильно организовать чередование тех и других.

**Методика аэровизуальных исследований.** Перед полетом надо точно разработать направление маршрута, установить высоту полета, время начала полета, рассчитать его продолжительность. Необходимо позна-

комиться с геологической картой, чтобы знать заранее, над какими геологическими образованиями будет пролетать самолет. Затем надо тщательно познакомиться с топографическими картами, установить расположение наиболее интересных орографических и геоморфологических объектов и на основании всех имеющихся материалов выработать конкретный план полета. Аэровизуальные наблюдения, как известно, могут иметь различное целевое назначение. В зависимости от задачи, которую предстоит разрешить, должно быть разработано задание и намечена методика. Например, если ставится задача общего ознакомления с районом, высота полета должна быть не ниже 500 м, а иногда не ниже 1000—1500 м, в зависимости от характера рельефа и сложности строения района. В данном случае нет надобности точно соблюдать курс и т. п. Наоборот, если полет преследует цель детального изучения заранее намеченных объектов, то нужно соблюдать определенную высоту, скорость, направление и т. п. Разработанный маршрут и задание должны быть согласованы с штурманом (пилотом).

Вследствие большой скорости самолета крупномасштабные карты мало удобны для общей ориентировки в полете. Поэтому желательно применять мелкомасштабные карты (например, 1 : 200 000) с нанесенным на них маршрутом. Эту карту следует держать в папке. Более крупномасштабные карты можно склеить в длинные полосы, в соответствии с направлением маршрута, и перематывать их на специальной планшете, оборудованной двумя роликами. Однако это имеет некоторые неудобства, например в тех случаях, когда маршрут проходит вдоль рамок планшета: тогда приходится склеивать много карт и резать их, что не всегда возможно.

Если имеется всего один комплект карт, которые резать и склеивать нельзя, то можно рекомендовать два способа:

1. Отобрать необходимые планшеты, сложить их так, чтобы они быстро раскрывались, на обороте сделать крупные надписи номенклатур листов, разложить в порядке маршрута и держать их в целлулоидной папке или специальном прозрачном конверте. Это дает возможность по мере надобности быстро вынимать необходимый лист.

2. Отобрать необходимые для полета карты и сброшировать их в небольшой атлас. Зарамочное оформление и поля планшетов желательно отрезать или загнуть и подклеить. Можно использовать для такого атласа скоросшиватель с автоматическим зажимом и жесткой нижней коркой. Чтобы планшеты не перелистывало ветром, нужно к нижней корке сделать две резинки, которые будут придерживать карты.

Пользование отдельными планшетами имеет тот недостаток, что, когда самолет летит над местностью, находящейся на стыке двух, а иногда даже четырех планшетов, нельзя одновременно видеть на карте весь район.

Процесс картирования во время полета представляет собой очень напряженную работу, которую невозможно приостановить. Внимание наблюдателя должно быть целиком сосредоточено на съемке. Картировать приходится сравнительно узкую полосу, ширина которой зависит от высоты полета, масштаба съемки, степени сложности района и т. д. В процессе работы фиксируется все, что наблюдатель считает заслуживающим внимания. Для удобства следует разрабатывать ряд условных обозначений, которые легко наносить на карту. Сразу закрашивать или заштриховывать площади и контуры не рекомендуется. Это можно сделать после нескольких маршрутов.

Большое значение при аэровизуальных наблюдениях имеют условия видимости, различные в зависимости от времени дня и года, когда производятся наблюдения.

При подготовке полетов необходимо учитывать наиболее благоприятные условия освещения и видимости, в соответствии с чем следует

выбирать время полетов и намечать направление маршрутов. Следует при этом избегать полетов навстречу солнцу, так как видимость в таких случаях резко ухудшается.

Если полет проектируется над равниной или холмистой местностью, желательно летать рано утром, чтобы детали были резко подчеркнуты тенями. Позднее, когда солнце поднимается, можно пролететь над горами, так как здесь тени будут держаться дольше. Большое влияние на условия видимости может иметь ориентировка орографических элементов. Например, если горный хребет вытянут с севера на юг и полет производится вечером, то солнце будет освещать его западные склоны, а резкие тени будут на восточном склоне. Соответственно с этим нужно проектировать и маршрут полета.

Насколько важно учитывать условия освещения, видно из такого примера. При полетах над слабо холмистой степью около 6 часов утра благодаря косым лучам солнца и резким теням, удалось обнаружить брахискладку, которая выражена в рельефе в виде нескольких рядов дугообразно расположенных холмиков и грядок. Через несколько дней полет был повторен в полдень: солнце стояло в зените, степь казалась совершенно ровной, и никаких следов упомянутой структуры обнаружить не удалось. Следовательно, аэрофотосъемка является величиной переменной: снимки одного и того же объекта или района, сделанные в разное время года или дня, могут иметь различный вид.

При подготовке полетов необходимо учитывать прогноз погоды, который должен интересоваться не только пилота, но также и геолога. От состояния погоды, в особенности от ветра и облачности, зависит успех работы. При ветре сильнее 10—12 м/сек самолет легкого типа довольно сильно болтает, так что становится трудно записывать и фотографировать. При редкой и высокой облачности визуальные наблюдения вести можно, но фотографировать не рекомендуется, так как облака остаются на поверхности земли пятнами.

Фотографирование при аэровизуальных наблюдениях имеет большое значение. В противоположность аэрофотосъемке, при которой обычно делаются плановые или планово-перспективные снимки через точные промежутки времени, фотосъемка при аэровизуальных маршрутах бывает преимущественно перспективной и выборочной, т. е. приурочивается к определенным наиболее интересным объектам.

Количество снимков с самолета значительно превышает количество снимков, которое обычно делают геологи при наземной съемке. Наоборот, записи при полетах обычно бывают гораздо лаконичнее, чем при наземных работах. Таким образом, материал аэровизуальных наблюдений по сравнению с материалом наземных исследований становится более графичным. Обработка такого материала требует специальной методики.

Необходимо наладить проявление снимков в полевой обстановке, так как при обработке дневника должны просматриваться снимки, а дневник должен обрабатываться сразу после полета. Следовательно, к моменту обработки дневника снимки должны быть уже отпечатаны. Откладывать проявление и печать снимков нельзя, так как многие из них будут забыты при большом количестве, в особенности после новых полетов. Рекомендуется все негативы нумеровать и в специальном журнале давать подробное описание снимков, а также привязывать каждый снимок к карте фактического материала.

Фотосъемка с борта самолета обычно производится специальными ручными аэрофотоаппаратами различных типов. Все они имеют постоянный фокус, заряжаются пленками и позволяют сделать без перезарядки от 20 до 50 снимков. Камеры снабжены счетчиком снимков.

Наиболее удобны камеры типа Г-8 и К-20. Фотосъемка производится прямо с рук, как обыкновенным фотоаппаратом. Можно также с успе-

хом применять обычные наземные фотокамеры (типов «ФЭД», «Киев», «Фотокор» и др.).

Для большего удобства съемки можно аппарат прислонить к борту самолета: камеру держать за две специально приспособленные ручки так, чтобы видискатель был расположен против глаз наблюдателя. Спуск затвора производится при помощи специального спускового курка, удобно вмонтированного в правую ручку, за которую наблюдатель держит камеру. Аппарат снабжен металлическим кожухом, предохраняющим его от повреждений.

**Особые замечания к методике аэровизуальных наблюдений.** Большая скорость самолета не благоприятствует аэровизуальным исследованиям. Поэтому наиболее пригодны самолеты с малыми скоростями (80—120 км/час). При больших скоростях (150—180 км/час) можно вести только общие наблюдения.

Иногда наблюдатель не успевает обследовать объект во время прямолинейного полета, и тогда приходится делать круг над объектом. Однако разворот машины занимает время; при боковом ветре машину начинает болтать, затем надо снова ложиться на прежний курс, выравнивать машину. Поэтому делать круг рекомендуется только в случае действительной необходимости.

В зависимости от скорости самолета находится вопрос о высоте полета. При скоростях от 80—100 до 150—180 км/час можно летать на высоте 250—300 м. Ниже спускаться не следует, так как наземные объекты слишком быстро ускользают от наблюдателя и начинают мелькать перед глазами.

С высоты 250—300 м отчетливо видны все орографические и геоморфологические элементы и детали геологической структуры, но радиус обзора сравнительно невелик (не более 1—2 км).

С высоты 500 м скорость полета уже мало ощущается. Обзор становится значительно шире (до 3 км и более в радиусе). Высота 400—500 м является наиболее удобной для аэровизуальных геологических и геоморфологических наблюдений. С этой высоты еще можно хорошо разглядеть различные детали, но одновременно уже широко видна территория, так что можно вести и обзорные наблюдения.

С высоты 800 м детали становятся едва заметными, но зато отлично видны крупные орографические, геоморфологические и структурные элементы.

С высоты 1000—1500 м можно делать только широкие обзорные наблюдения. На такой высоте скорость полета не играет существенной роли, даже скорость до 180—200 км/час совсем незаметна, так как крупные орографические элементы, находящиеся на значительном расстоянии от наблюдателя, достаточно медленно проходят перед глазами.

Считают, что высота 1800 м является предельной для аэрогеологических наблюдений. На высоте более 1000 м большинство наблюдателей не различает цветов: все объекты кажутся серыми. Кроме того, с большой высоты и рельеф кажется совсем плоским (теряется чувство рельефа).

Геологами ВСЕГЕИ были применены аэровизуальные наблюдения на бреющем полете — на малой высоте в сочетании с частыми внеаэродромными посадками. Работы велись в идеально равнинной местности с самолета типа ПО-2, обладающего малой скоростью полета. Производились поиски высыпок коренных пород, которые здесь сильно замаскированы покровными отложениями и с больших высот плохо видны. Оказалось, что, несмотря на ничтожную высоту полета, мелькания объектов при наблюдениях по сторонам не происходило. Этот способ позволил обнаружить множество таких выходов коренных пород, которые при наземных наблюдениях вовсе не были бы замечены.

В высокогорной местности, где относительные высоты рельефа превышают 500—1000 м, аэровизуальные наблюдения осложняются тем, что для расширения обзора иногда приходится подниматься на еще большую высоту. Но с увеличением высоты полета и расширением кругозора одновременно исчезают детали, хорошо видимые только на близком расстоянии. Поэтому, в зависимости от характера задания, рекомендуется точно рассчитать высоту полета, чтобы обеспечить и необходимую площадь обзора, и детальность наблюдения.

Практически с высоты около 400—500 м различать детали можно в полосе шириной около 2 км (т. е. по 1 км с каждой стороны). Дальше детали видны уже в сильно искаженной перспективе и часто заслоняются более близко расположенными возвышенностями.

Вследствие большой скорости самолета наблюдателю часто бывает трудно успеть заметить все, что проходит перед его глазами. Главная трудность в том, что одновременно перед наблюдателем проходит много интересного, а так как все сразу осмотреть нет возможности, то начинаются неизбежные пропуски. Лучше всего сначала сделать обзорный полет, ознакомиться с крупными ландшафтами, орографическими и структурными элементами и не отвлекаться рассмотрением деталей. В следующем полете, изменив высоту, можно начать изучение деталей, не отвлекаясь на наблюдения общего порядка.

Характер наблюдений существенно зависит от количества летных часов на единицу площади. Если представляется возможность совершать полеты по густой сети маршрутов, равномерно покрывающая всю территорию, то наблюдения следует вести по правильным полигонам. В данном случае возможны повторные полеты над интересными объектами. Совсем иначе приходится работать в кратковременных полетах рекогносцировочного характера, когда наблюдатель знает, что вторично летать над данным районом ему не удастся. В таких случаях нужно стремиться к тому, чтобы успеть сделать все наблюдения и фотосъемку. Такая работа является крайне напряженной и быстро утомляет наблюдателя.

Обычно первые полеты утомляют больше, чем последующие. После непродолжительной тренировки (3—4 полета) можно летать по 3—5 часов. Практика показывает, что на пятом часу внимание резко ослабевает и чувствуется сильная усталость. Поэтому рекомендуется летать не больше 4 часов в день.

Если аэровизуальные наблюдения производятся одним геологом-наблюдателем, то он бывает настолько загружен работой (наблюдением, картированием, записями и фотосъемкой), что не имеет времени для точной ориентировки на местности. Данные о высоте полета, времени и точном местонахождении ему должен сообщать по телефону штурман. Последний должен находиться вместе с наблюдателем в одной кабине. Желательно, чтобы штурман по мере возможности помогал наблюдателю. Например, когда наблюдатель фотографирует и, естественно, в это время записывать не может, нужно, чтобы штурман под диктовку записывал номера и характеристики снимков, а также время и высоту съемки. Очевидно, работа штурмана должна быть тесно связана с работой наблюдателя.

**Техника аэровизуальных наблюдений.** Опыт показал, что во время полета записать подробно все, что видит наблюдатель, невозможно. В тетради следует делать лишь лаконичные записи, состоящие из указаний места и азимута наблюдений, номеров фотоснимков, с краткой характеристикой объектов, а также сведений об экспозиции, о времени и высоте полета. Даже этих сведений оказывается настолько много, что наблюдатели едва успевают все записать.

Записи следует делать через строчку с таким расчетом, чтобы иметь возможность при обработке, в случае необходимости, вставить не-

сколько слов и уточнить первичную запись. На карте или снимках также делаются только пометки значками, иногда обводятся контуры, стрелками и номерами отмечается ориентировка снимков. Все интересные объекты рекомендуется снимать фотоаппаратом. Снимки составляют своеобразный фотодневник и должны быть неразрывно связаны с первичной записью, картой маршрута и фактического материала.

**Обработка материалов аэровизуальных наблюдений.** Сразу после окончания полета пленка должна быть проявлена. В тот же день или на следующее утро первичный материал необходимо обработать и составить чистовой дневник. Для этого сначала перечитывается первичная запись и просматриваются все проявленные к этому времени негативы. Благодаря этому в памяти восстанавливаются все детали, что дает возможность сделать краткие дополнительные замечания в свободных строчках первичной записи. После того как первичная запись дополнена и сверена с фотоснимками, составляется чистовой дневник, который пишется чернилами на одной стороне листа. Только после окончательной обработки дневника можно приступить к следующему полету.

Разнообразный материал по геологии и геоморфологии района, собранный в результате аэровизуальных наблюдений, должен немедленно переноситься на топооснову и совместно с данными наземных наблюдений должен быть использован при составлении геологической и геоморфологической карт.

#### ЛИТЕРАТУРА

Боровиков Л. И. Геологические исследования равнинных пространств Казахстана с помощью самолета ПО-2. (Опыт применения самолета для аэровизуальных наблюдений при геологической съемке масштаба 1:1 000 000). Материалы ВСЕГЕИ, общ. серия, сборн. № 8, 1948, стр. 123—135.

Гавеман А. В. Аэросъемка и исследование природных ресурсов. СОПС АН СССР, 1937.

Гавеман А. В. Библиография по вопросам применения аэрофотосъемки к исследованию природных ресурсов. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., т. VIII, № 1, 1944.

Галицкий В. В. Об использовании аэрофотоснимков при геологическом картировании палеозойских отложений хр. Кара-Тау (Туркестан). Пробл. сов. геологии, № 10, 1935.

Груза В. В. Геологическое картирование на аэрофотооснове в условиях Рудного Алтая. Материалы ВСЕГЕИ, общ. серия, вып. 7, 1946, стр. 174—180.

Материалы по дешифрированию аэрофотоснимков. Под ред. А. Е. Ферсмана. Изд. АН СССР, Свердловск, 1942, стр. 1—96.

Мирошниченко В. П. Аэрогеосъемка. Госгеолиздат, 1946.

Мирошниченко В. П. Визуальные наблюдения с самолета для геологических целей. Изв. Туркменского филиала АН СССР, № 2, 1946, стр. 25—31.

Овечкин Н. К. Самолет на службу геологии. Госгеолиздат, 1947.

Папулов Г. Н. Опыт составления геологической карты камеральным путем по материалам аэрофотосъемки для северной части Среднего Урала. Зап. Уральского геол. об-ва, вып. 1, Свердловск, 1948, стр. 65—67.

Пармузин Ю. П. Опыт применения аэрофотометодов при геоморфологических исследованиях таежной полосы Средней Сибири. Вопросы географии, сборн. 21, Географгиз, 1951, стр. 107—120.

Рунин М. М. Аэровизуальные наблюдения при геологическом картировании. Вестник Зап.-Сиб. геол. упр., вып. 4, 1947.

Салищев К. А. и Мещеряков Ю. А. Использование материалов аэрофотосъемки. Справочник путешественника и краеведа, т. 1, Географгиз, 1949.

Фалькова Э. А. Опыт применения аэрофотосъемки при геологическом картировании древних свит в Горной Башкирии. Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., т. XXII, вып. 1, 1947, стр. 45—66.

Шарков В. В. Опыт использования аэрометодов при геолого-геоморфологических исследованиях в условиях Голодной степи Казахстана. Труды лаб. аэрометодов АН СССР, т. II, 1951, стр. 88—105.

Шершень А. И. Аэрофотосъемка. Летно-съемочный процесс. Геодезиздат, 1949, стр. 1—250.

## ГЛАВА XIII

### ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### ЗАДАЧИ И ОБЪЕКТЫ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Геоморфологические наблюдения при геологической съемке призваны решать следующие основные задачи:

1. Помогать при картировании коренных и, особенно, четвертичных отложений.

2. Дать материал для составления геоморфологической карты и геоморфологического очерка района.

3. Установить характер и интенсивность новейших тектонических движений.

4. Способствовать поискам месторождений полезных ископаемых путем восстановления истории развития рельефа и формирования рыхлых отложений, с которыми могут быть связаны россыпи.

5. Осветить геоморфологические условия проведения дорог, строительства горных, гидротехнических сооружений и других промышленных предприятий.

6. Выявить характер, направление и интенсивность современных геологических процессов, связанных с формированием рельефа.

Рельеф любого участка суши представляет собой сложное, но закономерное сочетание простых элементарных форм, положительных (выпуклых) и отрицательных (вогнутых), которые ограничены поверхностями, приближающимися к геометрическим плоскостям, пересекающимися под разными углами и занимающими самое разнообразное положение в пространстве. Эти простые формы, их размеры, протяженность, направления, распределение в пространстве, их однородные группировки или сочетания составляют первый непосредственный объект геоморфологических наблюдений.

Получение и систематизация указанных данных приводят лишь к внешнему описанию рельефа или морфографии района. При наличии числовых характеристик (размеры отдельных форм, их гипсометрическое положение, расстояния между высшими и низшими точками по вертикали и в плане, углы наклона поверхностей ограничения в градусах и т. п.) морфографическое описание рельефа дополняется морфометрическими данными.

Однако для решения геоморфологических задач даже самого полного представления о морфографии и морфометрии недостаточно. При описании и измерении каждой элементарной формы или группы форм необходимо стремиться установить, какими процессами, эндогенными и экзогенными, обусловлено появление в данном месте именно такой, а не иной формы, когда она возникла, в каком генетическом соотноше-

нии находится она с другими соседними формами, в какой стадии образования или преобразования современными процессами находится наблюдаемая форма.

Чтобы получить ответы на эти вопросы, необходимо обратиться к изучению вещественного состава, т. е. горных пород, которыми сложена наблюдаемая форма или в которых она вырезана, установить ее отношение к геологическим структурам, наконец, выяснить взаимосвязь данной формы (или группы форм) с другими элементами физико-географической среды.

Из сказанного следует, что для полноты геоморфологических исследований, кроме тщательного описания внешних черт рельефа, требуется изучение структурных и текстурных особенностей горных пород, условий их залегания и отражения всего этого в формах рельефа, т. е. целенаправленное изучение естественных и искусственных обнажений.

Кроме того, геоморфологические исследования требуют направления внимания на характер растительного покрова и соотношение его с разными элементами рельефа. Необходимо также учитывать влияние экспозиции по отношению к странам света на формирование определенных черт рельефа, зависимость последних от климатических условий (направления ветров, количества осадков, интенсивности температурных колебаний и т. п.).

Только широкий комплексный физико-географический подход к изучению рельефа может привести к всестороннему раскрытию закономерностей и истории его формирования.

## ОБЩИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИЕМЫ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе, еще до выезда на полевые работы, кроме обязательного ознакомления с данными предшествующих исследований (см. главу II), необходимо изучить весь картографический материал, имеющийся по району. Особенную ценность при этом представляют аэрофотоснимки, о своевременном получении которых следует позаботиться заранее. Будучи фотографическим изображением рельефа со многими деталями, обычно не отраженными на топографических картах, контактные отпечатки, просматриваемые ряд за рядом под стереоскопом, позволяют еще до выезда в поле не только установить общий план устройства поверхности изучаемой территории (что дает и обычная карта в горизонталях), но и определить наиболее характерные черты рельефа, а также наметить его особенности в разных частях района. Такое предварительное геоморфологическое дешифрирование помогает целесообразнее располагать полевые маршруты и целенаправленнее проводить наблюдения.

При отсутствии аэрофотоматериалов приходится ограничиваться тщательным изучением топографических карт возможно более крупного масштаба. Очень полезно на этом предварительном этапе составить гипсометрическую карту района, используя топооснову и другие гипсометрические данные, которые можно почерпнуть из литературы.

Цветная гипсометрическая карта при правильно подобранной шкале оттенков дает чрезвычайно наглядное представление о распределении основных орографических элементов и нередко позволяет выявить ряд интересных закономерностей в направлении горных хребтов, водораздельных гряд и плато, долин главных рек и их притоков и т. п. Прекрасно выявляются на гипсометрической карте интенсивность вертикального расчленения или «энергия» рельефа и ее изменения в разных частях района, наличие или отсутствие ярусности рельефа, особенно в горных странах, участки выровненных поверхностей среди горного рельефа или останцовые возвышенности среди низменностей и равнин.

Имея перед выездом в поле отдешифрованные контактные отпечатки и гипсометрическую карту, геолог может легко ориентироваться в новом для него районе в смысле организации и планирования полевой работы, целесообразной расстановки баз и целенаправленного направления маршрутов.

Второй важный этап геоморфологических исследований, уже после приезда в район работ, — предварительный облет района на самолете с целью аэровизуальных наблюдений. Последние позволяют проверить и уточнить представление о рельефе района, создавшееся у геолога на основании предварительного дешифрирования аэрофотоматериалов и изучения топографических карт.

При аэровизуальных наблюдениях следует обращать внимание на те участки района или элементы рельефа, которые казались непонятными или своеобразными при изучении картографических материалов. Кроме того, при наблюдении с воздуха могут быть выявлены такие детали рельефа, которые не удалось отметить при предварительном дешифрировании (речные террасы, дюны, конечные морены, карстовые формы, оползневые склоны, курумы и т. п.). Одновременно выделяются участки долин с наилучшим развитием террас и с хорошими обнажениями коренных и четвертичных отложений, наиболее подходящие для составления геоморфологических профилей и геологических разрезов.

После предварительного облета района геолог окончательно намечает наземные маршруты, учитывая все задачи, стоящие перед ним.

Наступает основной этап работы — проведение наземных наблюдений. Очень важно начать их с участка, где при аэровизуальных наблюдениях удалось обнаружить наиболее интересные элементы рельефа.

В равнинных внеледниковых областях это будут отрезки долин с отчетливыми террасами, участки развития эоловых накоплений, водораздельные пространства с явно выраженной асимметрией, уступы или перегибы, прослеживающиеся на значительные расстояния, и т. п.

В областях древнего оледенения на равнинах, кроме отмеченных объектов, большой интерес представляют краевые ледниковые образования: конечноморенные гряды, камовые всхолмления, озы и др.

В среднегорных районах отправными для исследований пунктами могут быть участки долин с хорошо выраженными речными террасами, наиболее выдающиеся вершины, с которых можно обозреть значительные пространства, выровненные поверхности на гребнях хребтов, горные узлы. В высокогорных районах к этому добавляются следы ледников — моренные гряды, троговые долины, кары.

Разобравшись с возможной детальностью в рельефе этих узловых участков, т. е. выявив число, соотношение и характерные признаки террас, строение ледниковых аккумулятивных форм, характер следов древнего оледенения в горах и т. п., исследователь получает опорные данные, исходя из которых картирует те же явления и формы на остальной территории изучаемого района.

Независимо от того, удастся ли начать наземные работы с наиболее интересного участка или нет, основные методы и приемы геоморфологических наблюдений при наземных маршрутах сводятся к следующему.

### НАБЛЮДЕНИЯ ПО МАРШРУТУ

Как и при всяком изучении природы, основным методом геоморфологических исследований является непосредственное наблюдение и описание форм рельефа. В отличие от объектов геологических наблюдений (обнажений, встречающихся на дневной поверхности через более или менее значительные промежутки), рельеф поверхности суши непрерывен. Поэтому, пересекая маршрутом ту или иную территорию,

геолог ни на минуту не может ослабить пристального наблюдения над всеми крупными и мелкими чертами рельефа и малейшими его изменениями. Для удобства записи данных наблюдений и последующей их обработки обычно применяют «точечный» метод привязки их к карте. Последний заключается в том, что по ходу маршрута исследователь, непрерывно ведя наблюдения, приурочивает описание их к определенной точке маршрута. Последняя ориентируется и отмечается на карте порядковым номером, под которым ведется запись в дневнике. Такие «точки наблюдения» или, правильнее, «точки описания» распределяются по маршруту не произвольно, а в зависимости от детальности работ, сложности и разнообразия рельефа.

Идеальным расстоянием между точками описания можно считать двойное расстояние достаточно ясной видимости рельефа невооруженным глазом. Однако в условиях залесенной местности видимость бывает настолько ограничена, что этот принцип оказывается неприменимым.

Наиболее целесообразно точки описания приурочивать к местам, где наблюдается отчетливое изменение в рельефе поверхности (увеличение или уменьшение уклона, уступ, перегиб, появление особых микроформ, карстовых воронок и т. п.). Описание каждого обнажения должно обязательно сопровождаться описанием рельефа. Необходимо вести единую нумерацию всех точек наблюдений, как геологических (обнажений естественных или искусственных), так и геоморфологических, поскольку одни данные дополняют другие. Для удобства дальнейшей обработки и сводки фактического материала рекомендуется номера геоморфологических и геологических описаний обводить двумя различными цветными карандашами.

В каждой точке описывается характер рельефа по пройденному отрезку маршрута. При этом исследователь должен стремиться осветить следующее:

1. **Морфографию**, т. е. внешний вид рельефа. Выделяются и описываются основные крупные элементы (водораздел, поверхность плато, гребень, вершина, речная долина и т. п.), отдельные формы (холмы, гряды, увалы, овраги, террасы, уступы, скаты и т. п.) и элементы форм (склон или обрыв террасы, ее верхняя поверхность, характер бровки, склоны и вершины отдельных холмов и гряд, формы эрозионных ложбин).

2. **Морфометрию**. Сюда относятся: длина, ширина, высота или глубина каждой формы; углы наклона тех или иных поверхностей ограничения; горизонтальные и вертикальные расстояния между основными элементами формы (подошвой и вершиной горы, подножием и бровкой обрыва, уступа и т. п.); наконец, гипсометрическое положение изучаемой формы или описываемой точки, т. е. ее абсолютная отметка. Указанные данные могут быть получены или непосредственно путем измерения на местности, или путем измерений и вычислений по карте и контактными аэрофотоснимкам.

Для измерения на местности необходимо иметь инструменты, которые обычно применяются и при геологических наблюдениях: горный компас (для определения азимутов направлений протяженных форм), эклиметр (для измерения относительных превышений и углов наклона), aneroid-высотомер (для определения относительных и абсолютных отметок). Горизонтальные расстояния измеряются шагами и по карте.

При детальных съемках и специальных исследованиях к указанным приборам добавляются карманный нивелир, приспособленный к установке на фотографической треноге, клеенчатые нивелирные ленты, рулетка. Полезно иметь дальномер и шагомер. Морфометрические данные лучше всего отражать в дневнике в форме зарисовок, схем и профилей.

3. **Происхождение элементов рельефа**. В простейшем случае устанавливается по внешнему виду, если в самой форме рельефа выражены характерные генетические признаки (озы, речные террасы, эрозионные ложбины и врезы, свежие дюны и барханы, ледниковые трогои, кары и др.).

Однако для окончательного решения вопроса о происхождении тех или иных элементов рельефа необходимо установить:

1) Соотношение внешнего облика формы с составом пород, которыми она сложена или в которых выточена. При этом учитываются не только литология пород, но и их текстурные и структурные особенности и условия залегания.

2) Соотношение данной элементарной формы с другими окружающими формами, иначе говоря, характерную группировку форм рельефа.

3) Наличие коррелятивных отложений, т. е. таких, накопление которых произошло в процессе формирования рассматриваемых форм. Нередко значительную помощь в определении генезиса рельефа оказывает наличие характерных микроформ, которые в силу этого заслуживают самого пристального внимания.

4. **Современные геоморфологические (физико-геологические) процессы**. Эти процессы также требуют внимательного изучения, так как они показывают ход и интенсивность современного преобразования рельефа и дают возможность в ряде случаев оценивать дальнейшее направление этого преобразования, что имеет большое практическое значение.

К числу таких рельефообразующих процессов относятся: явления размыва и смыва (эрозия почв); подмывание берегов, осыпание, оплывание, оползание, обваливание склонов и берегов; развезание и переветывание песчаных накоплений; выщелачивание известковых и соленосных отложений с образованием карстовых форм; вымывание мелкоземистого материала подземными водами, сопровождающееся появлением суффозионных форм; просадочные явления в лёссовых отложениях; свежие эрозионные промоины, ложбины и овраги; современные силевые выносы в засушливых горных районах; солифлюкционные образования в областях развития вечной мерзлоты, наледи и т. д.

Действие современных процессов может быть установлено или по отражению их в рельефе и накоплению специфических отложений (см. гл. XIV), или путем непосредственного наблюдения самого процесса в момент его действия (осыпание, оползание и т. п.). Правда, в последнем случае требуется постановка специальных стационарных наблюдений, но нередко геологу приходится быть, независимо от своего желания, свидетелем того или иного быстро протекающего процесса (обвала, сля, падения лавины, подмыва и обрушения берегов, аккумуляции кос и отмелей при ливневых паводках и т. п.). Подробное описание подобных явлений, с попыткой установления их причин, совершенно необходимо. Места наблюдения современных процессов отмечаются на карте.

#### МЕТОД ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

Кроме наблюдений по маршрутам, чрезвычайно важным специальным приемом исследования является составление геоморфологических профилей. Метод геоморфологического профилирования заключается в детальном изучении рельефа местности по определенным направлениям, по возможности прямолинейным. Линия профиля намечается в таких местах, где имеется возможность наилучшим образом установить характер и соотношение важнейших элементов рельефа и получить данные о происхождении и истории развития рельефа в целом.

В первую очередь к таким местам относятся речные долины и террасы. Последние «являются летописью, регистрирующей все события

новой геологической истории местности» (И. С. Шукин, 1950), и требуют наиболее пристального внимания и тщательного изучения. Поэтому геоморфологические профили закладываются поперек речных долин, в большинстве случаев там, где, во-первых, хорошо сохранились речные террасы, во-вторых, достаточно четко выражены характерные особенности всей долины в целом (асимметрия склонов, общая форма и т. п.). Так как на протяжении реки эти особенности могут неоднократно меняться (участки озеровидных расширений, каньонообразные участки и др.), то профили необходимо составлять для каждого отрезка долины, отличающегося от смежного.

При этом профиль обязательно должен быть доведен по меньшей мере до бровки или верхнего перегиба коренного склона долины и по возможности захватить и придолинные части водораздельного плато или гребня.

При значительной ширине долины (некоторые долины достигают в ширину десятков километров) бывает трудно провести профиль через оба склона в одном месте. Не всегда удается одним профилем захватить и один склон целиком. Приходится закладывать профили доступного протяжения в разных частях одного и того же склона, с тем чтобы впоследствии полученные данные обобщить и свести в единую схему строения долины.

Составление геоморфологического профиля производится следующим образом. Наметив на местности исходную точку профиля и выбрав его направление, проводят на карте соответствующую линию. Для по заданному направлению, составляют в определенном масштабе профиль топографической поверхности путем простейшего (а при детальном в работах точного) нивелирования.

Построение профиля по горизонталям карты не применяется, потому что рельеф склонов долин показывается на картах, как правило, в сильно схематизированном виде.

Простейшее нивелирование проводится при помощи эклиметра.

Более точные результаты получаются при использовании карманного нивелира с портативной клеенчатой «рейкой» и рулетки.

При откладывании на чертеже расстояния, измеренного по склону, необходимо уменьшить полученную величину до длины горизонтальной проекции этого расстояния.

По линии профиля изучаются все обнажения, показывающие строение различных элементов рельефа (разрезы террас, делювиальных шлейфов, конусов выноса, структурных и оползневых уступов и т. д.). В долинах равнинных рек и в горно-таежных районах естественных обнажений обычно не хватает для характеристики всех элементов рельефа, пересекаемых линией профиля. В этих случаях на необнаженных участках профиля приходится задавать горные выработки особенно часто в приречной и средней части, а также и у тыловых окраин террас.

При вычерчивании на профиле показываются все данные о геологическом строении коренных и четвертичных отложений, строго привязанные к определенным элементам рельефа. Такие профили, составленные для различных характерных участков долины, служат основным фактическим материалом для восстановления истории развития рельефа изучаемого района.

Метод геоморфологических профилей применяется и для изучения междуречных пространств. Правда, этот метод может быть использован в основном для изучения небольших второстепенных водораздельных увалов и отрогов, а также отдельных характерных аккумулятивных, структурно-денудационных, вулканогенных и других форм, которые могут быть встречены при пересечении водоразделов или отмечены при аэровизуальных наблюдениях.

За последние годы этот метод занял в геоморфологических исследованиях одно из ведущих мест. Ему посвящен специальный раздел руководства (см. главу XII).

Здесь отметим лишь, что аэровизуальный метод помогает выявить характерные внешние черты рельефа в целом, его региональные различия, группировки различных форм рельефа и их пространственное распределение, а также позволяет уточнить намеченные при наземных маршрутах границы и контуры различных форм и типов рельефа, что имеет основное значение для геоморфологического картирования.

#### ЗАРИСОВКИ, ФОТОГРАФИРОВАНИЕ И ГЛАЗОМЕРНАЯ СЪЕМКА

Кроме наглядной характеристики различных элементов рельефа, зарисовки и фотоснимки, а также крупномасштабные глазомерные планы отдельных интересных или своеобразных форм дают весьма ценный материал для установления особенностей морфологии и истории развития рельефа.

В этом отношении особенное значение имеют перспективные зарисовки, самый процесс составления которых представляет один из превосходных способов геоморфологического анализа и наблюдения. Поэтому, даже при отсутствии у исследователя специальных графических способностей, рекомендуется с тех возвышенных точек, с которых открывается более или менее широкая панорама, делать перспективные зарисовки. Если качество рисунка не позволит в дальнейшем использовать его для иллюстрирования отчета, то польза будет заключаться в том, что наблюдатель при рисовании сосредоточит свое внимание на главных чертах рельефа, их зависимости от геологического строения и должен будет разобраться в соотношениях отдельных элементов рельефа склонов, водоразделов и долин, террас, выровненных поверхностей, вершин и седловин, ледниковых и эрозионных форм и т. п.

Фотографические снимки, если они не отпечатаны в полевых условиях, могут быть использованы для геоморфологического анализа лишь при камеральной обработке, что значительно снижает их ценность. Кроме того, на photographиях теряются многие характерные и важные особенности рельефа в силу мелкого масштаба и обычно нечеткого изображения заднего плана. Фотоснимки являются наиболее объективными документами, но, именно в силу этой объективности, на них не отделяется существенное от несущественного. Поэтому в большинстве случаев они играют лишь иллюстративную роль.

При перспективных зарисовках рельефа полезно придерживаться следующих правил и приемов<sup>1</sup>.

Приготовив нужный материал (бумагу на твердом картоне или куске фанеры или альбом в твердом переплете, карандаш, резинку, масштабную линейку), необходимо установить границы подлежащего зарисовке участка панорамы и нанести на бумаге рамку будущего рисунка. Затем в пределах этой рамки намечают линию горизонта и определяют условный масштаб зарисовки. Для этого держат масштабную линейку (в случае отсутствия линейки можно пользоваться карандашом, размеченным на сантиметры) вертикально или горизонтально в вытянутой руке, отделив пальцем отрезок, равный соответственно высоте или ширине намеченной рамки рисунка. Смотри на линейку одним глазом, определяют, какая часть ландшафта укладывается по высоте или ширине в пределы соответствующего отрезка линейки (рис. 139). Если, на-

<sup>1</sup> Излагается по «Справочнику путешественника и краеведа» (1950) с дополнениями.

пример, окажется, что в отрезок линейки, равный ширине рамки рисунка, укладывается половина намеченного к зарисовке участка панорамы, то условный масштаб зарисовки будет равен 1:2. Значит, всякий отрезок линейки, полученный указанным путем при измерении видимой высоты или ширины какой-либо формы, должен быть отложен на рисунке с уменьшением в два раза.

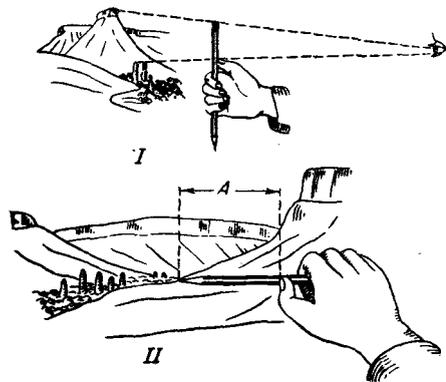


Рис. 139. Определение высоты (I) и горизонтального расстояния (II) при зарисовках (по Н. И. Николаеву)

Пользуясь таким приемом, удается выдержать на зарисовке правильные пропорции размеров наблюдаемых объектов. Этому также способствует правильная последовательность зарисовки: необходимо начинать с наиболее крупных и четко выделяющихся контуров, наметить размещение наиболее значительных возвышенностей, хребтов и долин переднего и заднего планов, а затем уже заполнять площадь рисунка в пределах этих контуров деталями и частностями. Полезно вначале нанести на рисунке вертикальную линию посередине и, отложив по этой вертикали точки пересечения с линиями основных контуров, протягивать из точек линии в обе стороны до боковых рамок рисунка. Важно помнить, что правильно изобразить на одном рисунке, не нарушая пропорций и перспективы, можно лишь участок, охватываемый с одной точки и под одним углом зрения без поворота головы в стороны. Если при этом на рисунок не попадают все нужные объекты, приходится прибегать к панорамной зарисовке, т. е. сделав рисунок при взгляде в одном направлении, затем повернуться на необходимый угол и, продолжив рамку рисунка в нужную сторону, зарисовывать по указанным выше правилам новый участок панорамы, смотря в новом направлении. Переходить при этом с одного места на другое не рекомендуется.

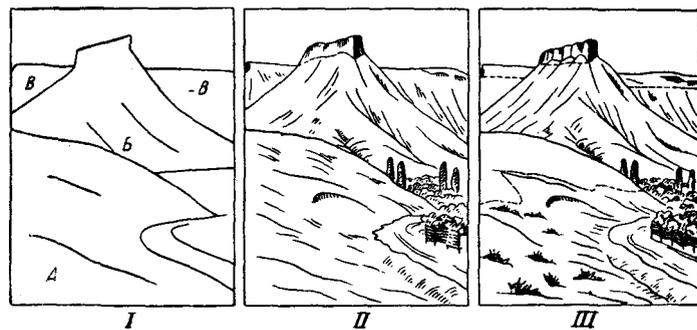


Рис. 140. Пример геоморфологических зарисовок (по Н. И. Николаеву)

Геоморфологические зарисовки, как правило, делаются контурные (эскизные); штриховка и, в особенности, сплошные пятна (тушевка) применяются как исключение. Форма и объемность элементов рельефа передаются также лишь дополнительными линиями и отдельными штрихами (рис. 140). Перспективность достигается уменьшением толщины линий от переднего плана к заднему и кулисообразным размещением возвышенностей. Все лишнее, не имеющее геоморфологического значения, отбрасывается (деревья на переднем плане, строения и т. п.).

Лишь для ориентировки полезно иногда отметить населенный пункт, мост через реку и другие заметные сооружения. Важные геологические и геоморфологические объекты (обнажения характерных слоев, террасы, морены, цирки и кары, тектонические разрывы) отмечаются на зарисовке цифрами или буквами, под которыми они поясняются на полях рисунка.

Методы фотографирования при геоморфологических исследованиях не отличаются какими-либо особенностями и здесь не рассматриваются, так как должны быть знакомы каждому геологу. Отметим лишь желательность применения светофильтров для достижения большей градации тонов и, следовательно, большей четкости изображения. Для фотосъемки отдаленных ландшафтов в горах значительную пользу приносит телеобъектив.

Особенное значение для геоморфологии имеет фотографирование с самолета при аэровизуальных наблюдениях, позволяющее получить изображения различных форм и элементов рельефа под разными углами зрения вплоть до вертикального. Однако для достижения хороших результатов фотографирования с воздуха необходимы специальная аппаратура, материалы и некоторые навыки (см. главу XII).

К глазомерной съемке отдельных характерных или непонятных форм приходится прибегать с целью их детального изучения для выяснения происхождения и точной документации. Чаще всего глазомерно снимаются в крупном масштабе аккумулятивные формы сравнительно небольших размеров (мезо- и микрорельеф): озы, конечные морены, дюны, конусы выноса, участки оползневых накоплений, солифлюкционных образований и т. д. Иногда съемке подвергаются и скульптурные отрицательные формы: кары, цирки, карстовые воронки, котловины выдувания, термокарстовые образования. Методы глазомерной съемки общеизвестны и излагаются в руководствах по топографии. Отметим лишь, что для целей геоморфологии наиболее удобно применение планшета с компасом, закрепленным в углу, и визирной линейкой.

Съемка буссолью или горным компасом с записями углов и расстояний в пикетажной книжке и с последующим составлением глазомерного плана в данном случае менее применима, так как приводит к пропуску многих деталей и требует большей затраты времени на последующую обработку.

Надо заметить, что при наличии контактных отпечатков аэрофото-снимков достаточно крупного масштаба (1:10 000—1:25 000) прибегать к глазомерной съемке обычно не требуется, так как на этих отпечатках интересующие нас формы передаются достаточно четко и точно.

#### ПРОСЛЕЖИВАНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ГРАНИЦ

Для установления и проведения геоморфологических границ, так же как и при геологическом картировании, применяется два основных способа: непосредственное прослеживание и интерполяция. Преимущественное использование того или иного способа зависит прежде всего от детальности масштаба съемки, а также от качества топоосновы и характера рельефа.

Первый способ заключается в прослеживании на местности границы путем обхода и возможно более точного нанесения ее на карту. Обычно этот способ применяется при оконтуривании отдельных характерных или примечательных форм, которые по своим размерам могут быть изображены в масштабе карты.

Второй способ служит главным образом для разграничения на карте морфогенетических типов рельефа, т. е. участков, характеризующихся на всем протяжении однородным сочетанием сходных по внешнему

облику, морфометрическим данным и происхождению элементов рельефа. Такие морфогенетические типы рельефа являются результатом длительного взаимодействия рельефообразующих эндогенных и экзогенных процессов, протекавших в определенных геолого-структурных и физико-географических условиях и приведших на данном этапе развития к тому конкретному внешнему выражению, которое мы наблюдаем.

Наличие на площади изучаемого района различных типов рельефа, понимаемых в указанном выше смысле, подчеркивает неоднородность происхождения и развития рельефа в разных частях района. Поэтому отражение на карте распределения разных типов рельефа района не есть только морфографическая задача. Решение этой задачи подводит к вскрытию сущности диалектического процесса рельефообразования на изучаемом участке суши, т. е. отвечает основным теоретическим и практическим задачам геоморфологии.

Применение метода интерполяции при геоморфологическом картировании заключается в следующем. Обнаружив резкое изменение в характере рельефа, выражающееся в увеличении или уменьшении интенсивности эрозионного расчленения (глубина долин, крутизна склонов, густота речной сети), появлении не встречавшихся ранее по маршруту аккумулятивных образований или характерных форм мезо- и микро-рельефа, исследователь старается определить возможно точнее границу, по которой происходят изменения, и отмечает ее на карте двумя смежными линиями разного цвета. Длина и направление линии зависят от того, насколько удастся проследить границу, не сходя с основного маршрута. Цвета двойной линии отвечают принятым в полевой легенде условным красочным обозначениям. Закрашивать рабочий полевой планшет сплошь цветными карандашами до окончания работ не рекомендуется, так как это затемняет топографические данные и затрудняет последующие исправления.

Границы, намеченные таким образом по ряду смежных маршрутов, объединяют в непрерывную контурную линию, учитывая все особенности рельефа, выраженные на топографической основе. Если последней служат аэрофотоснимки, то подобная интерполяция осуществляется значительно легче и точнее, особенно при просмотре контактных отпечатков под стереоскопом.

Рассмотрев общие методы полевых геоморфологических исследований, остановимся несколько подробнее на задачах и приемах изучения некоторых наиболее важных или менее известных и своеобразных геоморфологических объектов.

К первым относятся речные долины, террасы и древние поверхности выравнивания, ко вторым — формы рельефа, связанные с развитием вечной мерзлоты и явлениями солифлюкции.

Выше уже отмечалось значение изучения речных долин и террас для восстановления истории развития рельефа той или иной территории и для выяснения его происхождения, а также характера и направления новейших тектонических движений. С изучением речных долин и террас связано решение и большинства практических задач геоморфологии (поиски россыпей, строительство плотин, каналов, поиски дорожно-строительных материалов и т. п.).

### ИЗУЧЕНИЕ РЕЧНЫХ ДОЛИН И ТЕРРАС

**Долины.** Все долины распадаются на две основные категории: долины горных рек (областей) и долины равнинных рек. Среди первых различают чисто эрозионные, обычно не считающиеся с геологическими структурами и пересекающие их в любых направлениях (поперечных, диагональных), и тектонические долины. Последние могут быть тектоническими в прямом смысле, т. е. занимать продольные тектони-

ческие впадины (грабены, прогибы), и пассивно- или эрозионно-тектоническими, приспособившимися к тектоническим зонам, линиям разрывов, ядрам складок, сложенным податливыми к размыву породами.

Из сказанного видно, что принадлежность изучаемой долины к одному из указанных типов может быть определена по совокупности всех геологических и геоморфологических данных. Геоморфологические признаки тектонических долин: значительная ширина и глубина, продольное положение по отношению к направлению основных орографических элементов (хребтов, горных цепей), относительная прямолинейность. Однако основным доказательством тектонической природы долины является установление одновременности (одновозрастности) в образовании долины и геологической структуры, в которой долина проходит. Следует заметить, что тип долины может меняться. На одних участках река может протекать в тектонической долине, на других — выработать чисто эрозионную долину. Подобное чередование участков долин разного типа имеет широкое распространение, особенно в горах, где чаще всего встречаются сложные или составные (разнородные) долины. Выяснение типа каждого участка такой долины, последовательности и соотношения этих участков представляет одну из самых важных задач геоморфологического изучения.

Эрозионно-тектонические долины (или их отрезки), приспособившиеся к тектоническим разрывам (сбросам), отличаются обычно резкой асимметрией. Приподнятое крыло сброса образует крутой, опущенное — пологий борта долины. Реже встречаются обратные соотношения. Асимметрия также характерна для моноклиальных долин, выработавшихся вдоль простирающихся неоднородных по составу пластов, падающих в одну сторону (обычно на крыльях крупных складок). Наоборот, долины, приуроченные к ядрам правильных складок (антиклинальных или синклиналиных), как правило, не отличаются асимметрией.

Для чисто эрозионных горных долин характерны поперечное или косое расположение по отношению к структурам, извилистость в плане, отсутствие или непостоянство асимметрии (пологость то одного, то другого борта долины). Молодые эрозионные долины отличаются сравнительно небольшой шириной, V-образным поперечным сечением, невыработанностью и крутым падением продольного профиля.

К типу эрозионных поперечных долин относятся так называемые сквозные долины или долины прорыва, характеризующиеся значительной крутизной склонов и ущельеобразным обликом. Они пересекают целиком хребты от одной продольной долины до другой. Образование их связывают с явлением перехвата, основанном на неравномерном развитии регрессивной эрозии притоков, стекавших с противоположных склонов хребта.

Установление перехватов имеет большое теоретическое и практическое значение, так как позволяет восстановить существовавшее до перехвата распределение речной сети, т. е. дает материал для познания истории развития рельефа. Обнаружение участков древних долин, брошенных рекой в связи с перехватом, направляет поисковые работы на изучение выполняющего эти долины аллювия, с которым могут быть связаны богатые россыпи.

Кроме перехватов, сквозные участки долин образуются при врезании реки в постепенно поднимающиеся антиклинальные структуры. Такие антецедентные участки долин устанавливаются по общей каньонообразной форме и по поведению террас, оказывающихся антиклинально изогнутыми и приподнятыми по отношению к смежным участкам долин, не захваченным поднятием.

Большое значение имеет изучение продольного профиля реки или дна долины (гальвега). При этом визуальные наблюдения над изменениями:

Угла падения русла реки должны дополняться гипсометрическими данными, полученными инструментальным путем (нивелировка) или почерпнутыми из топографической карты. Для выяснения типа и истории развития долины должны быть изучены все особенности (морфология, продольный профиль и геологическое строение) долины на всем ее протяжении, что для больших рек не всегда удается. Однако изучение более или менее значительного отрезка долины также дает если не исчерпывающий, то весьма ценный материал для решения поставленной задачи.

Всякие переломы продольного профиля долины должны получить при исследовании генетическое объяснение: обусловлены ли они сменой состава размываемых рекой пород, пересечением зон тектонических нарушений, перегораживанием долины древними моренами, обвальными нагромождениями, конусами выноса боковых притоков, перехватами, новейшими дифференциальными тектоническими движениями. Важно установить, в какой связи переломы продольного профиля находятся с изменениями характера поперечного сечения долины.

Большая часть перечисленных признаков важна при изучении долин не только горных, но и равнинных рек. Однако последние отличаются рядом особенностей. Для поперечного сечения долин равнинных рек характерны совершенно иные соотношения глубины и ширины. При незначительной высоте пологих склонов ширина долины нередко измеряется десятками километров (долины Волги, Оби, Енисея, Лены, Амура и др.). Падение дна долин весьма небольшое, особенно в нижнем течении рек. Геологическое строение сказывается на морфологии долин в меньшей степени, так как большинство равнинных рек протекает в рыхлых или почти ненарушенных отложениях. Однако в истории формирования долин большую роль играли такие явления недавнего геологического прошлого, как колебания климата и великие оледенения, молодые ингрессии и трансгрессии моря.

За последние годы установлена тесная зависимость распределения и конфигурации долин равнинных рек от новейших тектонических движений и даже от древних структур платформенных областей.

Не имея возможности указать все признаки, помогающие устанавливать перечисленные явления, отметим, что наиболее важным объектом изучения как горных, так и равнинных долин являются речные террасы.

**Речные террасы.** Выявление террасовидных уступов и перегибов на склонах речных долин лучше всего достигается путем составления поперечных геоморфологических профилей (см. выше). В незалесенных районах террасовые ступени легко устанавливаются визуально. Однако простого обнаружения террас, даже морфологически хорошо выраженных, замеров их высоты и ширины далеко не достаточно для восстановления истории развития и условий формирования долин и рельефа всей поверхности в целом.

Прежде всего необходимо помнить, что не всякий ступенеобразный перегиб на склоне долины является речной террасой. Под последней понимают поверхность прежнего дна (русловой и пойменной части) долины, оказавшуюся на той или иной высоте над современным уровнем реки в силу последующего врезания и углубления долины. В процессе выработки долины происходит чередование периодов глубинного вреза (вызванного поднятием местности или резким понижением основного базиса эрозии) и периодов относительно спокойного состояния земной коры и устойчивости базиса эрозии, когда деятельность реки проявляется преимущественно в отложении аллювия и боковой эрозии. Поэтому на склонах долин обычно наблюдается серия террас, разных по высоте и возрасту.

Террасы, отвечающие периодическим изменениям в эрозионной и аккумулятивной работе реки, связанным с региональными причинами, предложено называть «цикловыми» (С. С. Шульц, 1933) или «сквозными». Первый термин основан на учении о так называемых циклах эрозии,

которые правильнее называть этапами или периодами, поскольку подлинной цикличности (замкнутой повторяемости) в явлениях природы не может быть. Вторым термином подчеркивается важная особенность таких террас, а именно их прослеживаемость вдоль всей или значительной части долины.

Кроме тектонических причин, образование сквозных террас может быть «связано с изменением количества воды в реке» (С. С. Шульц), т. е. с климатическими колебаниями.

Основная задача геолога заключается в выделении из всех уступов, наблюдающихся на склоне долины, именно сквозных террас, которые только и дают материал для восстановления истории развития рельефа. На склонах долин могут быть встречены ступени, близкие по форме к сквозным террасам, но совершенно иного значения и происхождения. Сюда относятся локальные террасы и псевдотеррасы.

Первые образуются при стабильных тектонических и климатических условиях в результате параллельно протекающих процессов глубинной и боковой эрозии и имеют эпизодическое существование и локальное развитие. С. С. Шульц (1933) предложил называть такие террасы «террасами врезывания» (рис. 141).

К типу локальных террас следует также отнести «сезонные террасы», связанные с сезонными колебаниями уровня воды в реке (весенние паводки и т. п.). Эти сезонные ступени чаще всего наблюдаются у молодых (пойменных) террас, но иногда следы их можно обнаружить и на склонах древних террас.

Псевдотеррасами называют уступы на склонах долин, близкие по форме к речным террасам, но имеющие совершенно иное происхождение. Сюда относятся структурные уступы, связанные с геологическим строением склонов долин, именно с наличием полого или горизонтально лежащих пластов разной устойчивости к процессам размыва и выветривания. Такие уступы могут протягиваться вдоль склона на значительные расстояния и производить впечатление сквозных террас. К этой же группе принадлежат оползневые и солифлюкционные уступы на склоне, а также уступы, образовавшиеся в результате подмыва рекой делювиальных шлейфов, конусов выноса притоков и т. п. (табл. 22).

Определить псевдотеррасы сравнительно легко при тщательном анализе геологического строения бортов долины. Сложнее отличить локальные террасы от сквозных. Основное правило для этого — изучение и сопоставление террас по возможности на протяжении всей долины или значительной ее части.

Кроме составления поперечных профилей долины, необходимо прослеживать поведение террас вдоль долины. Для этого на продольных профилях долины, кроме линии падения реки от истоков до устья, показываются в пунктах соответствующих наблюдений уровни разных террас. По возможности обозначаются характер и мощность аллювиальных отложений в каждом пункте, наличие цоколя коренных пород и другие данные (номера шурфов или обнажений, вскрывающих строение террас, номера поперечных профилей, высота террасы в метрах и порядковый номер или возраст террасы по установленной исследователем схеме). Соединив на профиле пунктирной линией эти разрозненные участки террас, исследователь получает наглядное представление о последовательных изменениях продольного профиля реки в процессе формирования долины и новейших тектонических движениях, обуславливающих эти изменения. Сопоставление террас на продольном профиле долины помогает разо-

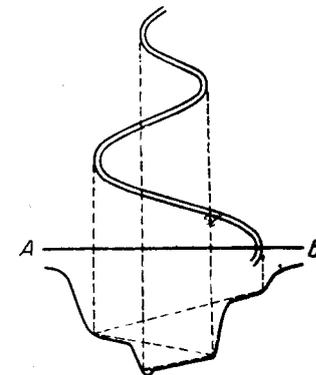


Рис. 141. Схема образования террас врезывания. По С. С. Шульцу АВ — линия профиля

Генетическая классификация террас (по С. С. Шульцу, 1940)

Псевдотеррасы	Речные террасы		
	локальные террасы, происхождение которых связано с нормальным (нисходящим) развитием одного эрозионного цикла	сквозные (цикловые) террасы, происхождение которых связано с коренными изменениями в жизни речной долины (отражают смену эрозионных циклов)	
		А. Террасы, происхождение которых связано с изменением уклона реки (главным образом тектонические)	Б. Террасы, происхождение которых связано с изменением количества воды в реке (главным образом климатические)
<p>1. Псевдотеррасы, связанные с особенностями литологического состава или тектонического строения склонов речной долины (денудационные структурные террасы, террасы выветривания)</p> <p>2. Псевдотеррасы, связанные с оползневыми явлениями</p> <p>3. Псевдотеррасы, связанные с подмывом рекой осыпей и делювия склонов</p> <p>4. Псевдотеррасы, связанные с подмывом рекой конусов выноса притоков</p>	<p>1. Террасы, связанные с сезонными колебаниями уровня реки (сезонные террасы)</p> <p>2. Террасы, связанные с ростом дельт и сухих дельт (дельтовые террасы)</p> <p>3. Террасы, связанные с нормальной работой параллельно идущих глупинной и боковой эрозий (террасы врезывания)</p>	<p>1. Террасы, связанные с изменением положения базиса эрозии:</p> <p>а) понижение базиса;</p> <p>б) приближение базиса;</p> <p>в) местное изменение базиса</p> <p>2. Террасы, связанные с неравномерным поднятием суши:</p> <p>а) косой подъем, больший в нижнем течении;</p> <p>б) косой подъем, больший в верхнем течении;</p> <p>в) дифференциальные поднятия складчатого типа;</p> <p>г) дифференциальные поднятия, осложненные тектоническими разломами</p>	<p>1. Террасы, связанные с увеличением количества атмосферных осадков:</p> <p>а) во всем бассейне реки;</p> <p>б) в отдельных частях бассейна</p> <p>2. Террасы, связанные с иными изменениями климатического режима:</p> <p>а) усиление таяния ледников;</p> <p>б) ослабление процессов выветривания и уменьшение величины сухого стока;</p> <p>в) изменение режима стока</p> <p>3. Террасы, связанные с увеличением количества воды в реке вне зависимости от изменения климата:</p> <p>а) перехват одной реки другой;</p> <p>б) проведение каналов и искусственное обводнение</p>

браться в их истинной природе, отбросить локальные образования и установить расчленение террас по возрастным комплексам (рис. 142).

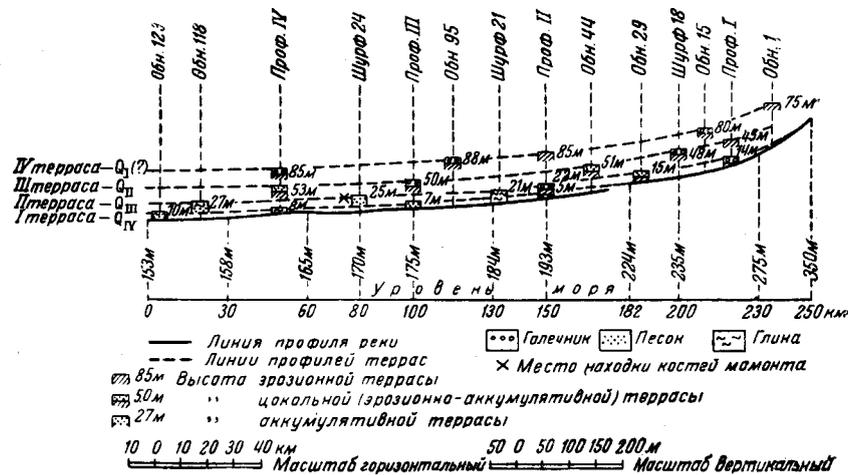


Рис. 142. Схема построения продольного профиля долины и террас

Определение принадлежности сохранившихся в разных частях долины террас к одному и тому же этапу эрозионного развития нельзя основываться

лишь на одинаковой или близкой их высоте или на таких формальных признаках, как наличие или отсутствие цоколя коренных пород. Для этого необходимо тщательное изучение состава аллювиальных отложений, устанавливающее в них наличие характерных горизонтов или включений гальки определенного типа и т. п. Чрезвычайно важно обнаружение в террасовых отложениях органических остатков. Существенную помощь при сопоставлении террас оказывает сравнение деталей их морфологии и последовательности на разных участках долины (поперечных профилях).

Составление поперечного профиля долины, после того как выбран участок, следует начинать от русла реки. Все измерения высот террас (бровки, средней части, тылового шва и т. п.) делаются эклиметром или, при больших превышениях и значительной ширине террас, анероидом.

При пользовании анероидом, не производя настоящей барометрической нивелировки (что в условиях геологической съемки обычно трудно осуществить), необходимо учитывать состояние погоды и проводить измерения в каждой точке дважды — при подъеме и при спуске по склону долины, заканчивая их в исходной точке у уреза воды в реке. Если за время работы атмосферное давление изменилось, то повторные измерения при обратном ходе покажут степень изменения и позволяют путем интерполяции ввести в полученные данные необходимые поправки. Для избежания ошибок, которые зависят часто от неисправностей инструмента, появляющихся во время транспортировки (от тряски, толчков и т. п.), надо иметь в каждом отряде не менее двух анероидов.

При сопоставлении числа, высоты и характера террас в одном поперечном профиле, охватывающем оба склона долины, иногда удается установить наличие локальных террас врезывания, для которых характерны несоответствие высот на противоположных склонах и крутое падение вниз по течению реки.

Нумерацию террас при полевой работе рекомендуется начинать снизу, от более молодых к более древним, считая пойму первой (современной) террасой. Иногда пойму называют «нулевой террасой» (Ю. А. Скворцов); чаще же счет террас начинают с первой надпойменной. Такой способ нумерации террас часто ведет к путанице, так как некоторые исследователи называют высокий уровень поймы первой надпойменной террасой. Чтобы избежать путаницы и получить единообразные данные, необходимо вести нумерацию всех террасовидных ступеней, начиная от самой низкой поймы.

Следует отметить, что не каждый новый этап эрозии, выражающийся в формировании тех или иных террас, развиваясь регрессивно от устья вверх по долине, успевает дойти до верховьев последней. Поэтому даже сквозные террасы не обязательно должны проследиваться на протяжении всей долины. Место, до которого дошло развитие террас того или иного этапа, обычно выражается переломом продольного профиля долины или изменением числа террас (рис. 143).

Разное число террас на разных участках долины может быть связано также и с явлением перехвата. Установление перехватов имеет большое значение для восстановления плана древней речной сети и истории развития эрозионного рельефа изучаемой территории. Одним из существенных признаков перехвата, кроме резких коленообразных поворотов долин и рек, служит появление в долине главной реки и притока, совершившего перехват, дополнительной сквозной террасы, образование которой связано с увеличением количества воды за счет перехваченной реки. Выше устья перехватившего притока, где количество воды не изменилось, главная река будет протекать в долине, не имеющей этой дополнительной террасы (С. С. Шульц, 1941). Уменьшение притока воды в перехваченной обезглавленной реке может повести к усилению аккумуляции и полному отмиранию реки. Такие брошенные (мертвые) долины, наблюдающиеся

на продолжении перехваченных верховьев, также являются признаком перехвата. Кроме того, они заслуживают пристального внимания в связи с возможностью нахождения в выполняющем их аллювии ценных россыпных месторождений (рис. 144).

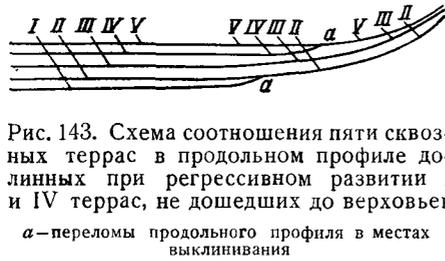


Рис. 143. Схема соотношения пяти сквозных террас в продольном профиле долины при регрессивном развитии I и IV террас, не дошедших до верховьев  
а — переломы продольного профиля в местах выклинивания

Суммируя изложенное в отношении долин и террас, можно привести следующий перечень признаков, которые необходимо описать и отразить на профилях:

**Д о л и н ы:**

1. Форма поперечного сечения долины (корытообразная, трапецевидная, V-образная и т. п.).
  2. Симметричность или асимметричность склонов (ее характер и причина).
  3. Форма склонов (выпуклые, вогнутые, прямые, ступенчатые и т. п.).
  4. Наличие на склонах сглаженных или резких перегибов, их высота, прослеживаемость вдоль долины, связь (или отсутствие связи) с геологическим строением.
  5. Степень и характер расчлененности склонов.
  6. Наличие на склонах особых форм выветривания и размыва (карнизы, земляные пирамиды, ниши, пещеры).
  7. Характер перехода склона долины в водораздельное плато (резкая бровка, постепенное выполаживание и т. п.).
  8. Наличие на склонах осыпей, делювиальных шлейфов, оползней, оплывин (их характер, мощность и распределение).
  9. Современные геологические процессы, формирующие склоны (подмыв рекой, оползание, выходы подземных вод, заболоченность, характер растительности).
  10. Высота, крутизна склонов, ширина долины по дну и на высоте бровки коренных бортов.
  11. Очертания долины в плане и ее ориентировка по отношению к направлению геологических структур.
  12. Характер продольного профиля дна долины (русла реки): пологое или крутое, плавное или ломаное падение, наличие порогов, перекатов, связь их с геологическим строением, подпруживанием обвалами, конусами выноса и т. п.
  13. Соотношение продольных профилей притоков с главной долиной (согласованные или висячие долины притоков и т. п.).
- Описание всех этих признаков должно сопровождаться их анализом и объяснением.

**Т е р р а с ы:**

1. Морфометрические данные: 1) высота бровки, средней части, нагорного края над уровнем воды в реке; 2) ширина площадки террасы и ее протяженность в данном месте; 3) угол наклона поверхности террасы (у бровки и тыловой закраины, к реке или к коренному склону, вниз или вверх по течению реки).

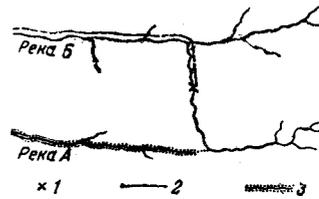


Рис. 144. Схема образования террасы в результате перехвата

1 — перевал, по которому произошел перехват; 2 — терраса, образовавшаяся в результате перехвата в долине реки Б; 3 — отмирающая обезглавленная река А

2. Морфологические данные: 1) поверхность террасы (ровная, волнистая), характер микрорельефа, наличие останцов, заболоченности, дюн, прирусловых валов, стариц, озер; 2) характер уступов от одной террасовой поверхности к другой (крутые, обрывистые, расплывчатые, размытые и т. п.); 3) положение наблюдаемого участка террасы по отношению к излучинам реки и долины.

3. Геологические данные: наличие цоколя коренных пород, состав последних, высота цоколя, характер его поверхности (ровная, изрезанная и т. п.), характер и мощность аллювия, или отсутствие аллювиального покрова, наличие в нем органических остатков (об изучении аллювиальных отложений см. главу XIV).

## ИЗУЧЕНИЕ ДРЕВНИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫРАВНИВАНИЯ

Если террасы отражают этапы развития эрозийного рельефа страны в основном со времени заложения современной речной сети, то для восстановления более ранней истории, особенно в горных областях, столь же важную роль играют древние поверхности выравнивания или денудации.

Почти в каждой горной стране внимательное изучение обнаруживает на той или иной высоте выше речных долин выположенные участки склонов или плоские, как бы срезанные под один уровень, гребни и вершины. Часто подобные плоские ступени на склонах и выровненные поверхности гребней срезают все геологические структуры, не считаясь с литологией и залеганием пород. Этот признак, наряду с приуроченностью к этим поверхностям значительных элювиальных накоплений (коры выветривания) или следов деятельности исчезнувших речных потоков (плоские ложбины, хорошо окатанная речная галька и т. п.), позволяет отличать древние поверхности денудации от других сходных по форме образований (типа так называемых «нагорных террас», каровых уступов, структурных ступеней и т. д.).

Остатки древних поверхностей выравнивания свидетельствуют о некогда пережитых страной длительных этапах нисходящего развития — замирания тектонических движений. Усиление последних, вызывающее быстрое поднятие страны, приводит к расчленению выровненной территории и образованию горного рельефа. Лишь на высших точках вновь появившихся водоразделов, до которых не успели дойти верховья регрессивно развивающихся речных долин, сохраняются участки плоского рельефа, свидетельствующие о пройденном этапе тектонического покоя или даже погружения.

Из сказанного видно, какую тесную связь имеет изучение поверхностей выравнивания с вопросом о новейших тектонических движениях, являющихся главным рельефообразующим фактором.

Нередко следы поверхностей выравнивания наблюдаются на разных высотных уровнях, т. е. имеется ярусность рельефа, выражающаяся в чередовании на разных гипсометрических уровнях зон интенсивно расчлененного, крутосклонного рельефа и зон пологого, сглаженного рельефа. Такие ярусы рельефа свидетельствуют о том, что горная страна пережила ряд эпох выравнивания, сменявшихся эпохами поднятия и эрозийного расчленения. При таком представлении поверхности выравнивания наиболее высокого гипсометрического уровня рассматриваются как наиболее древние, т. е. относительный возраст ярусов рельефа определяется по их высотному положению.

Следует, однако, заметить, что в вопросе о происхождении ярусности рельефа нет единого мнения. Ряд исследователей полагает, что разное высотное положение поверхностей выравнивания может явиться следствием неравномерного поднятия отдельных участков страны по разрывам и т. п. Не имея возможности подробнее останавливаться на рассмотрении этого важнейшего вопроса геоморфологии (см. работы В. А. Вар-

санофьевой, С. Г. Боча и И. И. Краснова, К. К. Маркова, Н. И. Николаева, С. С. Шульца и И. С. Шукина), отметим лишь, что определение генезиса и возраста поверхностей выравнивания должно основываться на тщательном изучении сохранившегося местами на них покрова рыхлых отложений и содержащихся в последних органических остатков. Возраст этих отложений определяет конечный момент образования поверхности выравнивания, тогда как начало ее формирования не может быть древнее самого молодого горизонта срезаемой дислоцированной толщи. Отсюда вытекает необходимость при изучении поверхностей выравнивания детального знакомства и с геологическим строением района.

Все встреченные при полевых исследованиях участки поверхностей выравнивания должны быть тщательно околонтурены и нанесены на карту. Если топографическая основа не дает возможности точно определить их абсолютную высоту, это определение должно быть произведено при помощи anerоида. Очень важно установить угол и направление наклона поверхности на каждом обнаруженном участке для последующего сопоставления и выяснения общей конфигурации поверхности в пределах изучаемого района (горизонтальная, падающая в одну сторону, изогнутая и т. п.).

Покров рыхлых отложений, встречающихся местами на древних поверхностях денудации, обычно приходится вскрывать шурфами, канавами или бурением. Изучение рыхлого покрова древних поверхностей выравнивания имеет большое практическое значение, так как с ним нередко связаны месторождения коры выветривания, древние аллювиальные и элювиальные россыпи и т. п.

Одним из важных приемов обнаружения древних поверхностей выравнивания, особенно при их многоярусном развитии, служат составление и анализ так называемых совмещенных профилей. Использование этого метода возможно лишь при наличии хорошей топографической основы в горизонталях.

Для построения совмещенного профиля проводят на топографической карте ряд параллельных прямых линий в направлении, перпендикулярном к основному простираению горной системы или хребта, так чтобы они пересекали по возможности оба склона изучаемой возвышенности или, по крайней мере, охватывали один склон от подножия до водораздельного гребня. Избрав одну из линий (лучше всего среднюю) за опорную, строят по ней на миллиметровке топографический профиль с более или менее значительным преувеличением вертикального масштаба над горизонтальным (в 5—10—20 раз, в зависимости от интенсивности расчленения). Профили, построенные в том же масштабе по другим линиям, последовательно переносятся на опорный профиль, т. е. как бы проектируются на одну вертикальную плоскость. При этом вычерчиваются лишь те части проектируемых профилей, которые выступают над линией предыдущих. Необходимо правильно наметить и совместить начальные точки каждого профиля. Лучше всего начинать каждый профиль от русла реки, протекающей вдоль хребта в продольной предгорной или межгорной впадине.

На таком совмещенном профиле выделяются все крупные ступени (ярусы) рельефа, имеющие региональное развитие. Составленный до начала полевых работ совмещенный профиль направляет внимание геолога на изучение во время наземных наблюдений выявленных на профиле ступеней и перегибов склонов для установления их истинной природы.

#### ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В РАЙОНАХ РАЗВИТИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Вечная мерзлота, одно из чрезвычайно своеобразных явлений природы, развита на значительных пространствах севера нашей страны и в высокогорных зонах. Наличие вечной мерзлоты в поверхностных

слоях земной коры, с одной стороны, обуславливает образование ряда особых форм рельефа (главным образом мезо- и микрорельефа) и, с другой стороны, создает совершенно иные условия для протекания обычных рельефообразующих экзогенных процессов.

Эрозионный разрыв и процессы денудации в целом претерпевают ряд изменений, отражающихся и на характере формирующихся в результате этих процессов скульптурных и аккумулятивных форм. В частности, речные террасы в условиях вечной мерзлоты быстро деформируются, теряют морфологическую выраженность, в результате чего, например на севере Сибири, у небольших рек обычно удается наблюдать не более 1—2 низких самых молодых террас.

К сожалению, вопросы своеобразия процессов эрозии и денудации в областях вечной мерзлоты до настоящего времени мало разработаны в геоморфологии. Больше внимания уделялось явлениям солифлюкции (течения грунта), присущим районам развития вечной мерзлоты. О сущности процессов солифлюкции сказано в связи с рассмотрением солифлюкционных отложений (см. стр. 434). Здесь мы остановимся на краткой характеристике и приемах изучения основных форм рельефа, обязанных своим происхождением явлениям солифлюкции.

1. **Нагорные террасы и поверхности альтипланаии.** Наиболее крупные формы рельефа, связанные с вечной мерзлотой, носят название нагорных террас. В условиях приполярного и полярного климата или в высокогорных районах умеренного климата на склонах гор возникают своеобразные ступени — плоские горизонтальные или полого наклоненные участки, нередко располагающиеся на разных высотах несколькими этажами, достигающие значительной ширины и обрамляющие вершины гор. Особенно хорошо развиты эти нагорные ступени на Северном Урале, где они описывались рядом исследователей и вызвали длительную дискуссию об их происхождении. Вопрос не может считаться решенным и в настоящее время, хотя большинство ученых сходится на предположении о ведущей роли процессов морозного выветривания и солифлюкции в образовании таких форм рельефа. От речных террас нагорные отличаются, кроме отсутствия связи с долинами, непостоянством своего высотного положения, невыдержанной протяженностью, характерной морфологией поверхности (структурные полигональные почвы) и составом слагающих террасы отложений, обычно представленных неокатанным щебнем, иногда заключенным в глинистом материале. На уступах террас скапливаются глыбы и щебень коренных пород. Рассматриваемые формы рельефа с литологией и залеганием этих пород, как правило, не связаны, что отличает их от структурно-денудационных ступеней и перегибов склона.

Образование нагорных террас, по С. Г. Бочу и И. И. Краснову (1943, 1946, 1951), происходит в результате морозного выветривания, особенно интенсивно протекающего на обнаженных склонах в местах первичных неровностей в силу их наибольшего увлажнения. Попеременное оттаивание и замерзание породы на месте этих первичных переломов склона («линий морозного забоя») ведет к распадению породы на обломки. По мере отодвигания разрушаемого таким образом уступа расширяется площадка нагорной террасы, на которой скапливается щебнистый материал, растекающийся под влиянием процессов солифлюкции.

По мнению упомянутых исследователей, длительное воздействие описанных процессов, особенно в условиях климата приледниковых областей во время четвертичных оледенений, приводило не только к образованию нагорных террас, но и к выравниванию (срезанию) вершин и целых горных массивов. В результате гребни хребтов получили выровненные поверхности, напоминающие описанные выше остаточные поверхности денудации. В отличие от последних, образовавшихся на низких уровнях и тяготеющих к основному базису эрозии, лишь впоследствии приподня-

тых и сохранившихся на вершинах гор, поверхности морозно-солифлюкционного выравнивания образуются непосредственно на вершинах гор, как бы накладываясь на них и последовательно снижая их независимо от тектонических движений того или иного знака. Это явление выравнивания горных вершин получило название альтипланации.

Для поверхностей альтипланации характерны: 1) отсутствие закономерного гипсометрического положения; 2) менее широкое (местное) развитие этих поверхностей; 3) сходство по минералогическому и петрографическому составу рыхлого обломочного материала с коренными породами, за счет разрушения которых он произошел.

Не вдаваясь в подробности, отметим важность выяснения в каждом конкретном случае истинного происхождения ступеней на склонах гор и выровненных гребней для правильного понимания истории развития рельефа горной страны, для чего требуются тщательность и вдумчивость наблюдений и учет всех явлений, связанных с формированием рельефа.

Трудность определения генезиса увеличивается, когда явления альтипланации накладываются на пенеппенизированные поверхности или когда, в силу изменения климата или тектонического режима, нагорные

террасы попадают в зоны, где процессы альтипланации протекать не могут (например, в зону лесной растительности).

2. **Солифлюкционные (натечные) террасы.** Относясь по своим размерам к формам мезорельефа, они представляют собой ступенчатые наплывы на склонах, сложенные мелкоземистым глинистым материалом со щебенкой (рис. 145). Эти ступени



Рис. 145. Солифлюкционные (натечные) террасы

имеют форму языка, обращенного выпуклой стороной вниз по склону и ограниченного более или менее крутым уступом (высотой 0,3—6 м). В отличие от речных террас и оползневых уступов, площадка натечной ступени всегда наклонена по склону. Отдельные натечные языки или лопасти не приурочены к какому-либо определенному уровню. Нередко на поверхности натечных террас наблюдаются следы движения в виде концентрических морщин, борозд, разрывов дернового покрова и т. п., по которым легко распознается их происхождение.

3. Близки по условиям образования и форме к солифлюкционным террасам **земляные реки** или **грязевые потоки**. Образуются также на склонах, покрытых мелкоземистым делювием, при большей насыщенности водой. Отличаются отсутствием растительного покрова, представляя собой полосы полужидкой грязи с примесью щебня, спускающиеся по склону и растекающиеся у его подножия в виде грязевых площадок.

4. Крупнообломочный (глыбовый) элювий и делювий в условиях вечной мерзлоты даже на очень пологих склонах получает поступательное движение и образует **курумы**, **каменные реки** или **потоки** (рис. 146).

К формам микрорельефа районов вечной мерзлоты относятся так называемые «структурные почвы», представляющие собой результат морозной сортировки поверхностных отложений глинисто-щебнисто-галечного состава. Сюда относятся: каменные кольца и многоугольники, образующие сеть из округлых или многогранных подушек мелкозема, обрамленных бордюром щебня и гальки; каменные полосы, приуроченные обычно к склонам и разделенные свободными от щебня полосами мелкозема. Диаметр колец или ширина полос обычно не превышают 0,5—1 м, редко увеличиваются до 5—7 м. Глубина сортировки, так же как и превышения

отдельных земляных подушек и каменных бордюров над общей поверхностью, измеряется дециметрами (рис. 147).

Более крупные формы микрорельефа районов вечной мерзлоты связаны с явлениями пучения и термокарста. К первым относятся торфяные бугры, бугры-булгуняхи (гидролакколиты), ко вторым — провальные воронки, западины, блюдца и ложбины оседания, обусловленные вытанием льда, содержащегося в мерзлых грунтах (М. И. Сумгин и др., 1940).



Рис. 146. Каменная река (курум)

Все перечисленные мерзлотные явления и связанные с ними формы рельефа настолько своеобразны и имеют столь большое значение при хозяйственном освоении областей распространения вечной мерзлоты, в частности при проведении дорог и возведении сооружений, что изуче-

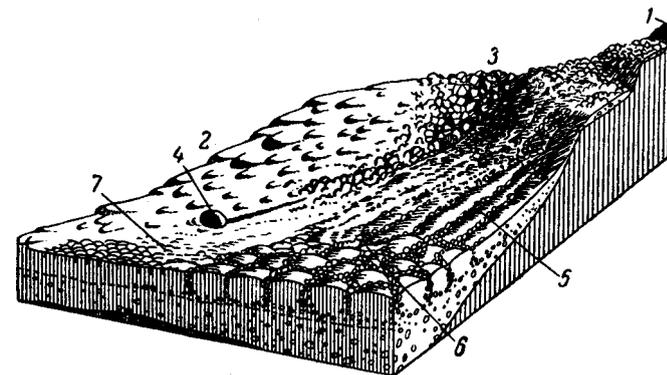


Рис. 147. Формы макро-, мезо- и микрорельефа в областях развития солифлюкции. По С. Г. Бочу

1—нагорные террасы; 2—солифлюкционные (натечные) террасы; 3—курум, переходящий в нижней части склона в каменный поток; 4—скольжение камня по переувлажненному грунту; 5—земляные реки и каменные полосы; 6—каменные кольца; многоугольники и сети; 7—полигональные почвы. Пунктиром показана граница мерзлоты

ние их выделено в особую научную дисциплину — мерзлотоведение и проводится специальными мерзлотными экспедициями.

В процессе геологической съемки необходимо отметить и описать все указанные элементы рельефа, в том числе и самые мелкие, и установить границы их распространения. Это дает возможность выделить на карте площади развития вечной мерзлоты, что имеет важное значение при организации поисково-разведочных работ. Описание внешнего вида, измерение и картирование различных мерзлотных и солифлюкционных

форм по возможности следует сопровождать изучением внутреннего их строения, для чего приходится прибегать к закладке шурфов или канав. Важно устанавливать связь всех этих мезо- и микроформ с основными элементами рельефа: склонами той или иной ориентировки и крутизны, речными террасами, водораздельными плато и т. п.

## ОБРАБОТКА И ОБОБЩЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Наряду с обработкой геологического материала, собранного партией, проводятся сводка и обобщение геоморфологических наблюдений. Важнейшими разделами этих работ являются составление геоморфологической карты и геоморфологических профилей.

**Составление геоморфологической карты.** Общеизвестно, обязательного для всех принципа составления геоморфологических карт до настоящего времени не существует. Все же за последние годы наметились некоторые общие основные положения в отношении содержания геоморфологических карт. Эти положения и требования сводятся к тому, что на всякой геоморфологической карте должны найти отражение три категории явлений: а) морфология рельефа, т. е. внешний облик земной поверхности; б) происхождение рельефа; в) геологический возраст рельефа.

Следует отметить, что последняя категория является наиболее трудной как в отношении установления возраста, так и в смысле изображения на карте. В ряде случаев определить с достаточной уверенностью точный возраст всех элементов рельефа не удается. Карта, не содержащая полных возрастных данных, все же может считаться геоморфологической, если она правильно отображает морфологию и генезис рельефа. Это особенно касается небольших районов, в пределах которых может не оказаться фактических данных для решения вопроса о геологическом возрасте наблюдающихся форм рельефа.

Разработка общих требований и легенд, обязательных для всех геоморфологических карт, должна быть, по нашему мнению, проведена компетентной междуправительственной комиссией с последующим утверждением на очередной Всесоюзной геоморфологической конференции. Временно же мы считаем возможным рекомендовать, как наиболее рациональную, следующую систему обозначений:

1. Внешний облик рельефа лучше и нагляднее всего передается горизонталями топоосновы. Последняя содержит также главнейшие морфометрические данные, касающиеся основных элементов рельефа. Поэтому сохранение на геоморфологической карте всех или разреженных для районов с сильно расчлененным рельефом горизонталей обязательно. Однако горизонтали не передают многих характерных деталей рельефа, важных для понимания условий и способов образования тех или иных форм. Сюда относятся такие элементарные формы, как уступы, обрывы, скалистые гребни, денудационные останцы, ледниковые кары, конусы выноса, курумы, каньоны и т. п. На геоморфологических картах они изображаются условными, частью немасштабными знаками. Условные знаки должны по возможности напоминать своим рисунком действительный облик и ориентировку соответствующей формы (рис. 148). Морфологические особенности, которые не могут быть изображены горизонталями и условными знаками, подчеркиваются в пояснительных характеристиках рельефа к той части легенды, которая касается отражения на карте его происхождения (табл. 23)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> При отсутствии топоосновы в горизонталях полноценное геоморфологическое картирование неосуществимо. Даже при наличии аэрофотоматериалов удается составить в лучшем случае лишь схематическую геоморфологическую карту или чаще схему геоморфологических районов, заменив наглядное изображение на карте морфологии и морфометрии словесными характеристиками.

2. Показать на каждом участке карты все многообразие условий формирования рельефа, который является результатом и отражением на дневной поверхности сложного взаимодействия внутренних и внешних процессов, претерпевающих постоянные изменения в пространстве и во времени, чрезвычайно трудно. Поэтому происхождение рельефа приходится отражать на карте в обобщенном виде, подчеркивая основные процессы, определяющие важнейшие черты и главные особенности современного облика поверхности. Для этого служит выделение на карте морфогенетических типов рельефа, закономерно сменяющихся на поверхности изучаемого района. Пример легенды, основанной на указанном принципе, приведен на табл. 23 (стр. 424).

Под морфогенетическим типом рельефа понимают участок поверхности с однородным сочетанием элементарных форм, т. е. с долинами и междуречьями, имеющими одинаковые или близкие глубину вреза, густоту расчленения, крутизну склонов, иначе говоря, участок, обладающий однородным внешним обликом, отличным от смежных участков.

Характерные черты рельефа участка с однородным строением поверхности должны иметь одинаковое происхождение и условия развития. Эти условия заключаются:

1) в определенных, остающихся на всей площади участка неизменными свойствах субстрата, т. е. литологических и структурных особенностях горных пород, слагающих участок;

2) в определенном положении по отношению к древним тектоническим структурам и дифференциальным тектоническим движениям или зонам;

3) в одинаковых на всей площади участка физико-географических условиях, в первую очередь климатических, определяющих характер эрозионной работы рек и особенности процессов денудации в целом;

4) наконец, в общности хода и стадии развития, а следовательно, и геологического возраста данного участка.

Имеется пять основных генетических категорий рельефа, выделенных по ведущему процессу их образования, а именно тектонические, эрозионные, аккумулятивные, структурные и вулканогенные.

В большинстве случаев в образовании рельефа участвуют два или несколько процессов, в равной мере определяющих характерные его черты. Поэтому чаще приходится оперировать со сложными генетическими определениями, а именно выделять типы рельефа: эрозионно-тектонические, эрозионно-аккумулятивные, структурно-денудационные, денудационно-аккумулятивные, эрозионно-денудационные и др.

Внутри каждой генетической категории рельефа, в зависимости от конкретных сочетаний характера субстрата и физико-географических условий проявления рельефообразующих процессов, выделяются морфогенетические типы, обладающие определенным внешним выражением.

Перечислить все существующие в природе типы рельефа, конечно, нет возможности. Приведем некоторые примеры.

Так, в комплексе эрозионно-тектонических типов рельефа могут быть выделены:

1) тип среднегорного интенсивно расчлененного крутосклонного рельефа на кремнистых сланцах;

2) тип среднегорного слабо расчлененного пологосклонного рельефа на глинистых сланцах;

3) тип высокогорного глубоко расчлененного крутосклонного рельефа с ледниковыми формами на гранитах.

Эти словесные характеристики должны сопровождаться морфометрическими данными о пределах относительных превышений и абсолютных высот.

В комплексе эрозионно-аккумулятивных типов рельефа выделяются поверхности речных террас разного возраста и характера, например.

Условные обозначения отдельных наиболее распространенных форм рельефа для геоморфологических карт

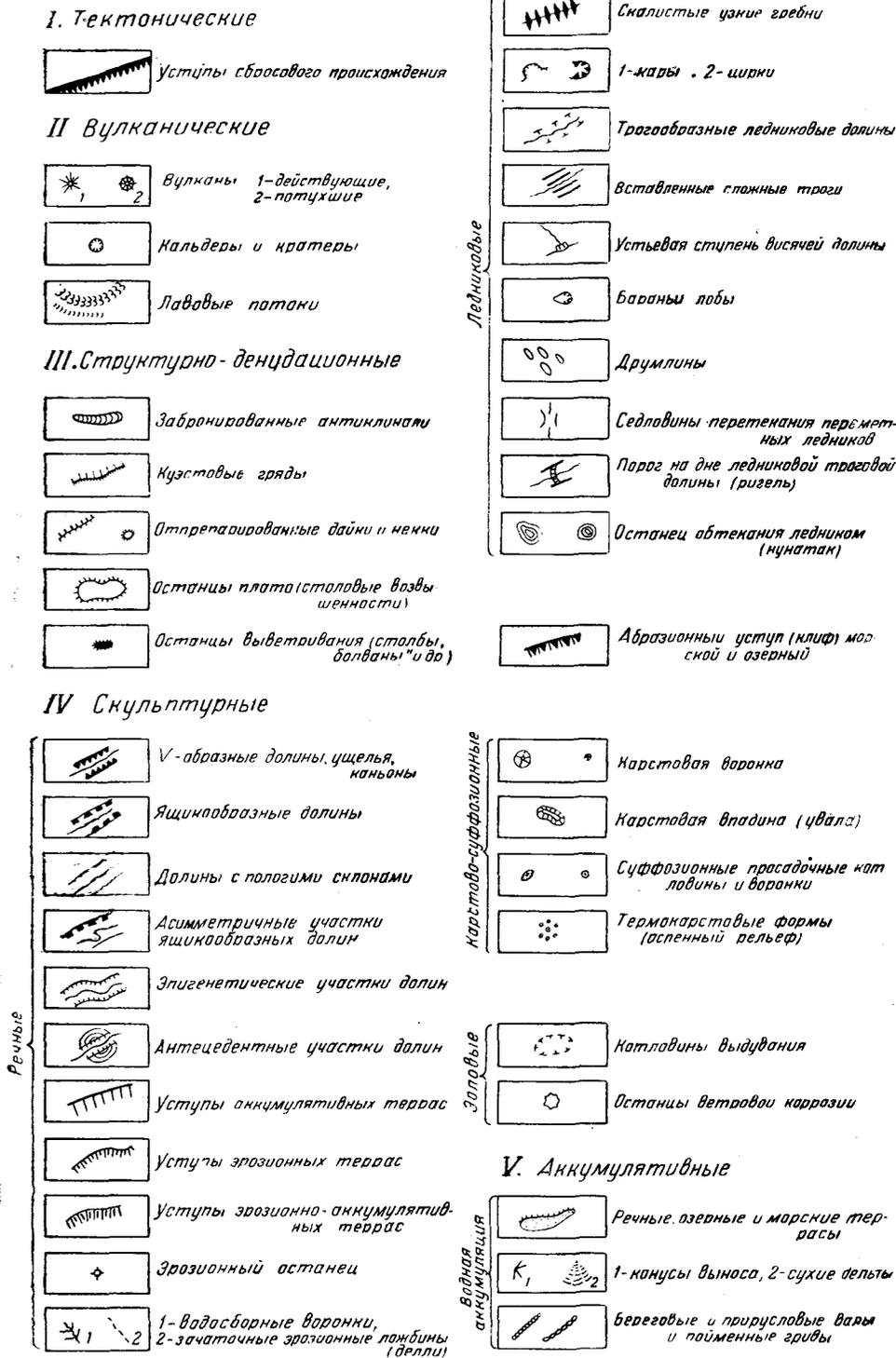


Рис. 148

1) пологоволнистая равнинная поверхность III террасы, 2) наклонная всхолмленная поверхность VI террасы и т. п.

К категории структурно-денудационных типов рельефа относятся куэстовые моноклиальные гряды, равнинные поверхности плато, развитые на горизонтально лежащих пластах горных пород, столовые возвышенности и т. п.

Эрозионно-денудационные и денудационно-аккумулятивные типы рельефа включают такие образования, как древние поверхности выравнивания, не сохранившие или сохранившие покров рыхлых отложений.

Приведенных примеров достаточно для понимания основного принципа выделения и определения морфогенетических типов рельефа. Для изображения их на карте принято использовать сплошную раскраску. При этом рекомендуется каждому генетическому комплексу присвоить определенный цвет, а разные морфогенетические типы рельефа в пределах данного комплекса закрашивать оттенками этого цвета. Таким образом подчеркиваются на карте и основные ведущие рельефообразующие процессы, и конкретное разнообразие морфологических черт, зависящее от разнообразия условий проявления этих процессов.

Кроме морфогенетических типов рельефа, на геоморфологической карте должны быть показаны и отдельные характерные формы разного генезиса. Такие формы рельефа, как уже отмечалось, показываются различными условными знаками. Однако, если возможно изобразить ту или иную форму рельефа в масштабе карты, полезно и для этого применить особую раскраску (крупные конечные морены, отдельные вулканические конусы, крупные дюны и т. п.). Все формы, независимо от их величины и способа изображения, группируются в легенде по происхождению, т. е. по ведущим процессам их образования (см. рис. 148).

Основные генетические категории и морфогенетические типы рельефа

Генетические категории	Морфогенетические типы	Условное обозначение — цвет	Генетические категории	Морфогенетические типы	Условное обозначение — цвет	
Эрозионно-тектонический рельеф	Высокогорный рельеф с альпинотипными формами, образовавшийся в результате интенсивного поднятия и глубокого эрозионного расчленения	Красновато-коричневый густой	Денудационно-аккумулятивный рельеф	а) Преобладание аккумуляции	Желтый	
	Среднегорный крутосклонный рельеф, образовавшийся в результате быстрого поднятия и резкого эрозионного расчленения	Красновато-коричневый светлый		Плосковолнистые и увалисто-холмистые равнины с горизонтальным или пологим залеганием слоев, отсутствием заметного поднятия и неглубоким эрозионным расчленением		
	Среднегорный рельеф с мягкими формами, образовавшийся в результате значительного, но замедленного поднятия и плавного эрозионного расчленения с преобладанием денудации склонов	Коричневый		Наклонные предгорные равнины — поверхности слившихся консов выноса и делювиально-пролювиальных шлейфов		Оранжевый
	Низкогорный грядово-холмистый рельеф, образовавшийся в результате незначительного, но быстрого поднятия и интенсивного эрозионного расчленения	Светло-коричневый		Морские плоские равнины с горизонтальным залеганием слоев, стабильным тектоническим режимом или незначительным поднятием и слабым эрозионным расчленением		Синий (ультрамарин)
	Низкогорный увалистый рельеф, образовавшийся в результате медленного поднятия и плавного эрозионного расчленения с преобладанием денудации склонов	Сепия		Аллювиальные и озерно-аллювиальные равнины, плоско-горизонтальные или пологонаклонные, образовавшиеся в результате мощной аккумуляции при стабильном тектоническом режиме и предшествовавшем ему опусканию		Зеленый
Структурно-денудационный рельеф	Ступенчатый рельеф возвышенного слоевого плато и столовых гор, образовавшийся в результате чередования горизонтально залегающих слоев горных пород различной твердости, значительного поднятия и длительной эрозии и денудации	Фиолетовый густой	б) Преобладание денудации	Синий (кобальт)		
	Куэстовый рельеф и рельеф моноклиналиных хребтов, образовавшийся в результате моноклиналильного залегания слоев и длительной эрозии и денудации	Сиреневый	Увалисто-холмистые равнины — древние поверхности выравнивания на дислоцированных отложениях			
	Валообразно-грядовый рельеф отпрепарированных эрозией и денудацией, забронированных складчатых структур	Темно-сиреневый	Пологонаклонные равнины на дислоцированных отложениях, образованные морской абразией		Светло-синий (кобальт)	
	Рельеф низкого плато, образованный на горизонтально залегающих отложениях, с одним верхним бронирующим пластом при незначительном поднятии и расчленении	Светло-фиолетовый	в) Особые типы аккумуляции		Зелено-вато-голубой	
			Ледниковые моренные холмисто-озерные равнины, образованные в результате отложения донной морены покровного оледенения на денудационных или первичных аккумулятивных равнинах			
		Эоловые равнины (навеянные и перевеянные)	Светло-желтый	Красный		
		Вулканические плато, образованные заполнением неровностей лавовыми потоками, покровами и туфами	Розовый			
		Вулканические горы, области развития вулканических конусов				

3. Как уже отмечалось, возраст рельефа является наиболее трудной частью содержания геоморфологической карты. Само понятие возраста рельефа или отдельной его формы страдает неопределенностью. Любой участок земной поверхности, какой бы внешний облик и какое бы происхождение он ни имел, представляет собой существующую в данный момент реальность и с этой точки зрения может рассматриваться как современное явление природы. Действительно, нет ни одного участка поверхности, который бы не подвергнулся в настоящее время воздействию разных агентов денудации и, следовательно, не имел бы в своем внешнем облике следов недавнего воздействия. И все же эти следы часто бывают настолько незначительными, что не меняют основных крупных черт рельефа, созданных в более отдаленном прошлом, при иных условиях и другими процессами. Вскрыть эти процессы и условия и определить время их проявления — это и значит установить геологический возраст данной формы или типа рельефа.

Если условия и процессы, приведшие к образованию рельефа данного участка, были геологически кратковременны, возраст соответствующей формы или группы форм может быть установлен с достаточной определенностью. Если же эти условия и процессы оставались более или менее неизменными на протяжении значительного периода и наблюдаемые формы являются результатом длительного их проявления, то возраст таких форм может быть определен лишь интервалом геологического времени, указывающим моменты возникновения и исчезновения соответствующих условий.

Определение геологического возраста рельефа в указанном понимании основывается прежде всего на геолого-палеонтологических данных, а также на соотношении одних элементов рельефа с другими.

Наиболее простым случаем является определение возраста аккумулятивных форм рельефа (речных, морских и озерных террас, дюн и т. п.) по возрасту слагающих их отложений, который устанавливается биостратиграфическим методом. Возраст отрицательных форм рельефа определяется интервалом времени, заключенным между возрастом самого молодого горизонта отложений, в которых они вырезаны (нижний предел), и возрастом самого древнего горизонта отложений, их выполняющих или к ним прислоненных (верхний предел). Например, возраст речной долины, выработанной в палеогеновых осадках и выполненной плиоценовыми континентальными отложениями, заключен в интервале между концом палеогена и началом плиоцена. Или, например, древняя поверхность выравнивания, срезающая дислоцированные породы, самые молодые из которых относятся к верхнему мелу, и покрытая древней корой выветривания или остатками древнего аллювия, содержащими пыльцу миоценовой флоры, может быть по возрасту определена как палеоген-миоценовая.

Далеко не всегда удается при полевых работах собрать палеонтологический материал, позволяющий решать вопросы о возрасте тех или иных форм рельефа. Тогда приходится ограничиваться установлением относительной последовательности в их образовании. Так, древняя поверхность выравнивания будет древнее врезанных в ее окраины долин, но моложе сохранившихся в ее центральных частях возвышенностей — свидетелей еще более раннего восходящего этапа развития. Моренная гряда, лежащая на дне троговой долины, будет древнее морен, расположенных на водоразделе или на плечах трога. Последний образовался после отложения водораздельных морен, но до аккумуляции морен, находящихся в троговой долине.

Во всех этих случаях требуется очень тщательный анализ всех данных для установления относительной последовательности и тем более геологического возраста отдельных форм и элементов рельефа. Чаще всего это достигается лишь после камеральной обработки всех,

и прежде всего палеонтологических, материалов. Если же последние отсутствуют, решение вопроса может быть осуществлено лишь приближенно, по сопоставлению с более исследованными смежными районами, или отложено до последующих исследований.

Обозначение возраста на карте и в легенде производится индексами — начальными буквами названий соответствующих геологических подразделений (систем, отделов, ярусов и т. п.).

При подборе красок для выделения генетических типов и форм рельефа возрастная последовательность подчеркивается густотой оттенка. Формы относительно более древние закрашиваются более интенсивно, более молодые — светлыми (прозрачными) тонами.

Нередко при большом числе морфогенетических и возрастных подразделений раскраску дополняют черной или цветной штриховкой по цветному фону. Этот способ, затемняя горизонталь топоосновы, делает карту менее выразительной, поэтому его следует избегать.

Узаконенных цветов для обозначения разных генетических категорий и типов рельефа не существует. Цветовая гамма на карте должна быть удобной для восприятия и, кроме того, подчеркивать основные гипсометрические соотношения в устройстве поверхности изучаемого участка суши. Этим достигается геоморфологическая «структурность» карты.

На основании опыта можно рекомендовать участки эрозионно-тектонических типов рельефа закрашивать коричневыми оттенками разной густоты (чем выше, тем гуще). Аккумулятивные типы рельефа закрашиваются в зависимости от ведущего агента аккумуляции: типы ледниковой аккумуляции — голубым цветом, речной и озерной — зеленым, морской — синим, эоловой — желтым. Вулканогенные формы — красным, древние поверхности денудации — лиловым и т. д. Основное правило: желто-зеленые и синие тона применять для аккумулятивных форм и типов рельефа, приуроченных к депрессиям и равнинам, коричневые тона — для типов горного рельефа. Промежуточным типам предгорного рельефа соответствуют промежуточные цвета — оранжевый, яркожелтый и т. п.

**Геоморфологические профили.** Необходимым дополнением к геоморфологической карте и описанию рельефа являются профили, основная задача которых — показать соотношение форм и типов рельефа с геологическим строением, а также связь отдельных элементов и ярусов рельефа между собой.

Геоморфологические профили строятся по определенным линиям, помечаемым на карте. Направление профиля выбирается с таким расчетом, чтобы на профиль попало наибольшее число разнородных элементов рельефа, чтобы возможно отчетливее были показаны генетические соотношения их между собой и с геологическим строением, чтобы данные профили возможно полнее опирались на фактические материалы.

Если осветить все разнообразие геоморфологических условий района одним профилем не удастся, составляют несколько профилей для разных частей района и разных направлений.

В отличие от геологических разрезов, геоморфологические профили вычерчиваются с преувеличением вертикального масштаба (в 5, 10, 20 раз), тем больше, чем меньше амплитуда рельефа. Коренные породы могут быть показаны на профиле упрощенно: важно выделить все литологически разнородные толщи, тектонические разрывы, нашедшие отражение в рельефе, основные складчатые структуры. Более детально показываются на профиле рыхлые отложения, непосредственно связанные с рельефом, молодые вулканические породы и т. п. Верхняя линия профиля делается цветной в соответствии с раскраской пересекаемых профилем типов рельефа. Чтобы не затемнять эту раскраску, геологическое строение может быть передано штриховкой. Иногда строят

два профиля параллельно один над другим; на нижнем показывают геологическое строение, на верхнем — только геоморфологические данные. Но этот способ вообще менее удобен.

Кроме геоморфологических профилей по определенным линиям, основанным на конкретных фактических данных, полезно составить сводную схему, на которой по возможности изображаются все существующие в районе геоморфологические соотношения, независимо от места их установления. Это идеализированное обобщенное графическое изображение представлений о строении рельефа, выработавшихся у исследователя в результате проведенных работ, чрезвычайно помогает восприятию описательной части отчета.

Для изображения внешних очертаний рельефа на такой идеализированной схеме можно использовать совмещенный профиль (см. выше), на котором подчеркиваются основные элементы поверхности. Геологические данные наносятся схематично, с целью передать отражение геологического строения в рельефе.

**Блок-диаграммы.** Значительно нагляднее геоморфологический характер местности и связь его с геологическим строением передаются путем построения блок-диаграмм. Последние с успехом заменяют геоморфологические профили, однако требуют для своего построения большей затраты времени и некоторых графических навыков и способностей. На верхней поверхности блок-диаграммы рельеф изображается в перспективе, на переднем и боковом срезах блок-диаграммы строятся геологические разрезы, отражающие геологическое строение района в двух перпендикулярных направлениях (о приемах построения блок-диаграммы см. главу XVI).

## ЛИТЕРАТУРА

- Бискэ Г. С. Опыт применения аэровизуальных наблюдений при съемке четвертичных отложений в Карелии. Изв. Карело-Финского филиала АН СССР, № 4, 1949.
- Борзов А. А. Орографический и геоморфологический очерк Европейской части СССР. Сб. «Рельеф Европ. части СССР». Географгиз, 1948.
- Борисевич Д. В. Универсальная легенда для геоморфологических карт. Землеведение, нов. серия, т. 3 (43), 1950.
- Боч С. Г. О некоторых типах делювиальных отложений Приполярного Урала. БМОИП, отд. геол., т. XVIII (1), вып. 6, 1940.
- Боч С. Г. и Краснов И. И. О нагорных террасах и древних поверхностях выравнивания на Урале и связанных с ними проблемах. Изв. ВГО, т. 75, вып. 1, 1943.
- Боч С. Г. и Краснов И. И. К вопросу о границе максимального четвертичного оледенения в пределах Уральского хребта в связи с наблюдениями над нагорными террасами. Бюлл. КЧАН СССР, № 8, 1946.
- Боч С. Г. и Краснов И. И. Процесс гольцового выравнивания и образование нагорных террас. Природа, № 5, 1951.
- Варсановьева В. А. К вопросу о наличии древних денудационных поверхностей или «поверхностей выравнивания» на Северном Урале. Землеведение, нов. серия, т. 2 (42), 1948.
- Докучаев В. В. Способы образования речных долин Европейской России. Соч., т. I, АН СССР, 1949.
- Ермилов И. Я. О влиянии вечной мерзлоты на рельеф. Изв. ГГО, т. 66, вып. 3, 1934.
- Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов. Ч. I. Изд-во «Морской транспорт», 1946.
- Келль Н. Г. и Келль Л. Н. Указания по использованию геометрических и геодезических свойств аэрофотоматериалов для геологического картирования. Лен. горн. инст., 1950.
- Коншин М. Д. Простейшие способы измерения по аэрофотоснимкам. Тр. лаборат. аэрометодов АН СССР, т. II, 1950.
- Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений. Госгеолыздат, 1940.
- Кудленок П. О геоморфологической карте и методологических основах ее составления. Вопросы геогр. и картогр., сб. I, 1935.
- Макеев П. С. К вопросу об образовании речных аккумулятивных террас. Изв. ВГО, т. 73, вып. 2, 1941.

Марков К. К. О горных денудационных поверхностях и их происхождении. Вопросы геогр., сб. III, 1947.

Марков К. К. Методика составления геоморфологических карт. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 39, 1948.

Марков К. К. Основные проблемы геоморфологии. Географгиз, 1948.

Николаев Н. И. Материалы к геологии палеолита Крыма и связанные с ним некоторые общие вопросы четвертичной геологии. БМОИП, т. XVIII, вып. 2, 1940.

Николаев Н. И. Генетические типы малых форм рельефа и их географическое распространение. Землеведение, нов. серия, т. 2 (42), 1948.

Николаев Н. И. Новейшая тектоника СССР. Тр. КЧ АН СССР, т. VIII, 1949.

Павлов А. П. О рельефе равнин и его изменении под влиянием работы подземных и поверхностных вод. Землеведение, т. V, кн. III—IV, 1898.

Пармузин Ю. П. Опыт применения аэрофотометодов при геоморфологических исследованиях таежной полосы Средней Сибири. Вопросы геогр., сб. 21, 1950.

Пиотровский М. В. К теории флювиально-денудационного (эрозионного) цикла. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 39, 1948.

Сваричевская З. А. Легенда для геоморфологической карты крупного масштаба. Геогр.-эконом. инст. ЛГУ, 1937.

Скворцов Ю. А. Метод геоморфологического анализа и картирования. Изв. АН СССР, серия геогр. и геофиз., № 4—5, 1941.

Скворцов Ю. А. Методы геоморфологического анализа и картирования. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 39, 1948.

Соколов Н. Н. Об изучении речных террас. Изв. ГГО, т. 66, вып. 3, 1934.

Спирidonов А. Н. К вопросу о геоморфологической карте. Уч. зап. МГУ, вып. V, 1936.

Сумгин М. И., Качурин С. П., Толстихин Н. И., Тумель В. Ф. Общее мерзлотоведение. АН СССР, 1940.

Труды Второго всес. географ. съезда. Т. I—II—III. Географгиз, 1948—1949.

Федорович Б. А. Некоторые основные положения о генезисе и развитии рельефа песков. Изв. АН СССР, серия геогр. и геофиз., № 6, 1940.

Чернышев В. Ф. Методы построения перспективных блок-диаграмм. Сов. геология, сб. 37, 1949.

Шарков В. В. Опыт использования аэрометодов при геолого-геоморфологических исследованиях в условиях Голодной степи Казахстана. Тр. лаборат. аэрометодов АН СССР, т. II, 1950.

Шульц С. С. К вопросу о генезисе и морфологии речных террас. Тр. КЧ АН СССР, т. III, 1933.

Шульц С. С. Опыт генетической классификации речных террас. Изв. ВГО, т. 72, вып. 6, 1940.

Шульц С. С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. Зап. ВГО, нов. серия, т. 3, 1948.

Шульц С. С. Тектоническое развитие современного Тянь-Шаня. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Щукин И. С. Общая морфология суши. Т. I—II. ОНТИ, 1934—1938.

Щукин И. С. Опыт генетической классификации долин. Пробл. физ. геогр., вып. IX, 1940.

Щукин И. С. Опыт генетической классификации форм рельефа. Вопросы геогр., сб. 1, 1946.

Щукин И. С. К вопросу о древних поверхностях денудации в горных странах. Землеведение, нов. серия, т. 2 (42), 1948.

Щукин И. С. Геоморфологические исследования. Справочник путешественника и краеведа, гл. XXI. Географгиз, 1950.

## ГЛАВА XIV

### ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

#### ОСОБЕННОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Несмотря на повсеместное распространение и огромное практическое значение четвертичных отложений как источника добычи многочисленных полезных ископаемых, как материнских пород для почв, на которых развивается сельскохозяйственная деятельность человека, наконец, как грунтов, служащих основанием для всех инженерных сооружений, систематическое изучение и картирование четвертичного покрова до настоящего времени не получило должного развития. Это объясняется, с одной стороны, историческим ходом развития геологии, в целом вышедшей из горно-рудного дела, в котором четвертичные отложения рассматривались как наносы, мешающие обнаружению рудного тела, с другой — рядом особенностей строения, условий залегания и распространения четвертичных отложений, требовавших разработки специальных методов для их изучения и картирования.

Своеобразие четвертичных отложений заключается прежде всего в том, что они представлены преимущественно континентальными образованиями, возникшими на поверхности суши сравнительно недавно и в чрезвычайно разнообразных физико-географических условиях, быстро сменявшихся во времени и в пространстве.

Отсюда вытекают такие особенности четвертичных отложений, как рыхлость, изменчивость по составу, мощности и распространению, быстрая смена слоев в вертикальном направлении, тесная связь с современным рельефом и рельефом поверхности подстилающих более древних отложений.

Даже четвертичные отложения морского происхождения отличаются значительной пестротой состава, быстрой сменой фаций и невыдержанностью залегания, поскольку они принадлежат обычно к мелководным прибрежным образованиям.

Продолжительность четвертичного периода, по сравнению с предшествующими, весьма незначительна — примерно 1 млн. лет. За этот отрезок времени могли накопиться лишь относительно маломощные осадки. Мощность четвертичных отложений обычно исчисляется десятками метров и редко превышает 100 м. Однако огромное практическое значение четвертичных отложений требует значительно более дробного стратиграфического и литологического подразделения, чем это принято по отношению к мощным толщам древних пород. Вместе с тем обычный биостратиграфический принцип здесь почти неприменим. Фауна и флора в течение четвертичного периода не успели претерпеть заметных изменений, по которым устанавливаются границы ярусов и других стратиграфических подразделений мезозойских и палеозойских отложений.

Наконец, весьма существенной чертой четвертичного периода, а следовательно, и условий формирования четвертичных осадков являются значительные колебания климата. Ярче всего сказались эти колебания в северных широтах и в высокогорных областях, где с ними было связано развитие мощных оледенений, сменявшихся эпохами потепления и сокращения или исчезновения ледниковых покровов. За пределами областей четвертичных оледенений климатические колебания отразились в смене влажных и засушливых периодов.

Указанные особенности четвертичных отложений обусловили применение специальных методов их изучения. К числу последних относятся:

- 1) геоморфологические наблюдения, без которых невозможно ни установить стратиграфические соотношения между разновозрастными горизонтами четвертичного покрова, ни определить генетический тип осадков, ни наметить границы их на карте;
- 2) методы пыльцевого и диатомового анализов;
- 3) палеопедологический метод — изучение погребенных почв, преимущественно в лёссах и делювиальных отложениях;
- 4) археологический метод — изучение остатков культуры первобытного человека в стратиграфических целях;
- 5) геохронологический метод — изучение годовой ритмичности некоторых типов отложений для геохронологии четвертичного периода;
- 6) литолого-стратиграфический метод — изучение литологии, стратиграфии и характера отложений в целях установления их происхождения, хозяйственной ценности и пространственных соотношений;
- 7) физико-географический метод — изучение данных биогеографии, климатологии и других разделов физической географии для палеогеографических и стратиграфических построений.

Несомненно, наибольшее значение имеет геоморфологический метод. Вообще же для изучения четвертичных отложений обязательны комплексность и разносторонность.

### ИЗУЧЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ РАЗНЫХ МАСШТАБОВ

При общей геологической съемке масштаба 1 : 50 000 и мельче покров рыхлых четвертичных отложений, как правило, с карт снимается.

В районах широкого и разнообразного развития четвертичных отложений (области древнего оледенения, пустынных эоловых накоплений, многоярусного лёссового покрова и др.), кроме геологических карт коренных пород, требуется составление отдельной карты четвертичных отложений. Вопрос о необходимости такой карты и ее масштабе решается в каждом конкретном случае при проектировании работы.

Независимо от этого, при геологической съемке любого масштаба и в любом районе геолог обязан уделить достаточное внимание изучению четвертичных отложений, чтобы собрать материал, необходимый для освещения следующих основных вопросов:

1. Расчленение толщи четвертичных отложений на генетические типы и установление их распространения в пределах изучаемого района. При необходимости специальной карты четвертичных отложений собранный фактический материал должен обеспечить возможность ее составления.
2. Определение относительного возраста, т. е. установление стратиграфической последовательности выделенных генетических типов четвертичных отложений.
3. Изучение вещественного состава, мощности, условий залегания и распространения литологических разностей, слагающих генетические типы четвертичных отложений.
4. Выявление полезных ископаемых, связанных с четвертичными отложениями, и определение их промышленной ценности.

В задачи данного руководства не может входить подробное описание всего многообразия генетических типов четвертичных отложений. Все же, поскольку генетические типы четвертичных отложений являются главным объектом картирования, целесообразно напомнить основные особенности важнейших типов.

В настоящее время большинством исследователей выделяются следующие основные генетические типы четвертичных отложений (не считая морских): элювиальные, делювиальные, коллювиальные (гравитационные), аллювиальные (речные), пролювиальные (временных потоков), озерные, болотные (торфяники) химические (солончаки, известковые туфы и т. п.), ледниковые (моренные), флювиогляциальные (ледниково-речные), озерно-ледниковые, эоловые, вулканогенные и техногенные (антропогенные)<sup>1</sup>.

Так как в природе нередко встречаются отложения смешанного типа, то к перечисленным основным типам отложений необходимо добавить: элювиально-делювиальные, аллювиально-делювиальные, аллювиально-пролювиальные, делювиально-пролювиальные, озерно-аллювиальные и дельтовые.

Большинство типов отложений, возникших в процессе денудации суши, обычно обладает закономерной приуроченностью к определенным элементам рельефа — поверхностям водоразделов или междуречий, склонам водоразделов, днищам речных долин. На поверхностях водоразделов преобладают процессы выветривания, разрушающие и преобразующие коренные породы на месте. На склонах происходит смещение продуктов выветривания по направлению к долинам. Последние являются основными зонами переноса рыхлых четвертичных осадков и отложения их на пути к морскому или озерному бассейну. Однако, кроме водного переноса, к которому в основном относится эта упрощенная схема, существуют еще другие факторы транспортировки, не подчиняющиеся указанной закономерности и независимые от рельефа. Таковы ледниковые и эоловые процессы, играющие значительную роль в особых физико-географических условиях. Вне всякой зависимости от рельефа и в различных физико-географических условиях образуются четвертичные вулканогенные отложения, связанные, однако, в своем распространении с определенными структурно-геологическими зонами.

Кроме водных, ледниковых, эоловых и вулканогенных процессов, в образовании четвертичного покрова заметную роль играют биологические процессы. Особенное значение имеет торфообразование. Биологические процессы, и в том числе образование торфяников, обнаруживают естественно, достаточно тесную зависимость от физико-географических (климатических) условий, связь же их с рельефом менее определена.

Перейдем к рассмотрению особенностей различных генетических типов, придерживаясь при этом по возможности естественной последовательности миграции вещества в процессе образования четвертичных отложений.

#### 1. ЭЛЮВИАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Под элювием, как известно, понимают рыхлые обломочные породы, которые образуются в результате накопления на месте (in situ) продуктов физического и химического разложения (выветривания) коренных горных пород, слагающих поверхность суши. Совокупность элювиальных образований иногда называют корой выветривания.

По механическому составу элювиальные образования бывают весьма разнообразны — от развалов крупных (до нескольких кубических метров)

<sup>1</sup> Термина «антропогенные» следует избегать, так как этим термином нередко обозначают отложения четвертичной системы в целом.

глыб до суглинков и глин. Окраска, петрографический и химический состав элювия также весьма изменчивы и находятся в прямой зависимости от характера подстилающих коренных пород. Тесная связь с последними является одним из основных признаков, позволяющих решить вопрос о происхождении элювиальных образований в полевых условиях.

Другими признаками могут быть: 1) угловатая форма обломков; 2) отсутствие сортировки материала (слоистости и т. п.); 3) постепенность перехода в коренные породы.

Приуроченность к выровненным поверхностям водоразделов также помогает отличать элювиальные образования от сходных по характеру других отложений. Однако этот признак относится главным образом к молодому современному элювию. Древние же элювиальные образования в результате перестройки рельефа могут оказаться перекрытыми отложениями другого генезиса (аллювием, мореной и т. п.). Определение происхождения такого погребенного элювия представляет уже более значительные трудности. Тем не менее изучение древнего элювия чрезвычайно важно, во-первых, в связи с возможной приуроченностью к нему ценных полезных ископаемых, во-вторых, в целях выяснения палеогеографических условий, стратиграфических соотношений и истории развития рельефа.

Особое стратиграфическое и палеогеографическое значение получает погребенный элювий, когда с ним связаны почвы, являющиеся, по справедливому замечанию Е. В. Шанцера (1950), «для геолога одним из наиболее надежных индикаторов физико-географической среды».

В качестве примера отметим погребенные почвенные горизонты черноземного типа с сурчинами и другими характерными признаками степного почвообразования, обнаруженные в толще лёссов, слагающих значительные площади на юге Европейской части СССР. Изучение погребенных почв позволило провести стратиграфическое расчленение лёссовой толщи и восстановить физико-географические условия их образования.

Такое же значение погребенные гумусовые горизонты имеют и для стратиграфического расчленения других четвертичных отложений, в частности делювия, указывая на перерывы в осадконакоплении, связанные с изменением палеогеографических условий.

Огромный практический интерес представляют мощные многослойные толщи древнего элювия, получившие название «коры выветривания» в узком смысле. Образование такой толщи могло происходить при особо благоприятных климатических условиях и в обстановке устойчивого, мало изменяющегося рельефа. Теплый и влажный субтропический и тропический климат, при котором происходило образование мощной коры выветривания на Урале и в других районах, характерен для мезозоя и третичного периода. Похолодание, наступившее в плиоцене, частые климатические колебания, сопровождавшиеся значительными новейшими тектоническими движениями, не способствовали накоплению мощной коры выветривания четвертичного возраста даже во внеледниковых областях.

## 2. ДЕЛЮВИАЛЬНЫЕ И КОЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Процессы выветривания и распада коренных пород происходят не только на выровненных поверхностях водоразделов, но в еще большей степени на склонах, где, обнажаясь, породы подвергаются непосредственному воздействию атмосферных агентов. Однако здесь продукты выветривания находятся в иных динамических условиях, попадая под влияние силы тяжести. Последняя, действуя сама по себе или при участии воды, обуславливает смещение продуктов выветривания вниз по склону. При этом в разных физико-географических зонах и в зависи-

мости от крутизны склона меняется характер как смещаемого материала и его распределения, так и процесса смещения.

Когда основной движущей силой является сила тяжести, смещающиеся по склону и накапливающиеся у его подножия отложения называют гравитационными или коллювиальными. При участии воды в смыве продуктов выветривания по склону в виде дождевых струй или плоских (неконцентрированных) потоков талых снеговых вод образуются делювиальные отложения.

Однако четкого разграничения в применении упомянутых терминов пока нет. В литературе можно встретить самые разнообразные толкования понятия «делювий», вплоть до включения в это понятие глыбовых осыпей, обвалных накоплений, солифлюкционных образований и т. п.

Целесообразнее все же выделять коллювиальные и делювиальные отложения в качестве самостоятельных генетических типов.

Делювиальные отложения, в отличие от элювия, не обладают признаками непосредственной связи с подстилающими породами ни по составу, ни по окраске. Иногда можно установить зависимость характера делювия от коренных пород, слагающих верхние части склона, с которых шел смыв материала.

По механическому составу среди делювиальных отложений преобладают глинистые и суглинистые разности нередко (особенно в горах) с примесью щебнистых обломков. Сортировка в делювиальных отложениях лишь едва намечается, обычно в виде плохо выраженной слоистости, параллельной склону.

Легче всего распознаются молодые (современные) делювиальные отложения по их положению в нижней половине и у подножия склонов, где они образуют шлейфы и мантии, придающие рельефу более мягкие, плавные очертания.

Древние делювиальные накопления часто не обнаруживают прямой связи с современным рельефом и, вскрываясь в обнажениях, где они могут переслаиваться с отложениями иного генезиса, определяются на основании других признаков, в частности по присутствию погребенных почвенных горизонтов, о стратиграфическом значении которых говорилось выше (стр. 432).

Наиболее часто наблюдается переслаивание делювия с аллювием в зонах соприкосновения нагорного (внешнего)<sup>1</sup> края речной террасы с подножием коренного склона долины. Так как процессы накопления делювия, с одной стороны, и отложения аллювия в краевой части поймы — с другой, происходят с перерывами и могут чередоваться, то здесь нередко хорошо отсортированные слоистые аллювиальные осадки переслаиваются с почти несортированными глинисто-щебнистыми горизонтами делювия. На картах приходится выделять такие сложные или смешанные по происхождению отложения под названием **аллювиально-делювиальных**.

То же следует сказать и о другом типе смешанных отложений — **элювиально-делювиальном**, приуроченном либо к области перехода от водораздельной поверхности к склону (когда этот переход не связан с резким переломом профиля), либо к волнистым и пологоувалистым поверхностям водоразделов, когда элювиальные продукты начинают подвергаться размыву и переносу от более повышенных мест к понижениям. Эти процессы обычно столь медленны, переходы от несмещенного элювия к делювию, выстилающему пологие склоны, настолько постепенны и мало заметны, что отделить один тип отложений от другого в природе (а следовательно, и на карте) не удается.

<sup>1</sup> В литературе существует путаница в определениях «внешнего» и «внутреннего» краев террасы. Целесообразнее поэтому употреблять термины «нагорный» и «прирусловый» края террасы. К последнему приурочена «бровка» террасы — там, где она не размыва.

Выделение коллювиальных образований, как приуроченных главным образом к крутым склонам и формирующихся в основном под непосредственным влиянием силы тяжести и лишь при косвенном участии воды, требует в ряде случаев значительных усилий и особых знаний.

Осыпные и обвальные накопления обычно не вызывают сомнения в смысле определения их происхождения и границ распространения. Главным признаком при этом, кроме геоморфологических соотношений, служит тождественность слагающего эти отложения обломочного материала с коренными породами ближайшего склона. Тот же признак позволяет отличить обвальные накопления, перегораживающие иногда долины в горах в виде валообразных нагромождений, от валов древних конечных морен. В составе последних всегда можно обнаружить обломки пород, чуждых примыкающим склонам, вынесенные ледником из верховьев долины.

Оползневые отложения также сравнительно легко определяются по связи материала с отложениями склона, хотя эта связь нередко затуманивается сильной перетертостью и перемешиванием пород. Последнее особенно характерно для оползневых масс, прошедших значительное расстояние от места отрыва.

Значительную помощь при установлении генезиса оползневых отложений оказывает специфический оползневой рельеф склона, выражающийся в неправильной бугристости, ступенчатости, появлении «пьяного леса» и т. п.

Несколько иначе обстоит дело с солифлюкционными отложениями, в основном связанными с развитием вечной мерзлоты. Последние, в отличие от обвалов, осыпей и оползней, могут быть приурочены не только к крутым, но и к пологим (до 3 и даже 2°) склонам. Перемещение рыхлых масс при таких малых уклонах обусловлено не только силой тяжести, которая одна не могла бы преодолеть в этом случае силы сцепления и трения. Этому способствует ряд других факторов, действующих в условиях вечной мерзлоты: насыщение надмерзлотного, «действенного» слоя талыми и дождевыми водами; изменения объема при частых чередованиях замерзания и оттаивания, набухания и сжатия коллоидов; уменьшение трения при скольжении по мерзлоте (подстилающему) слою.

Механический состав солифлюкционных отложений может быть весьма разнообразным в зависимости от того, какой исходный материал и в каких условиях подвергался течению: от грубообломочного, даже глыбового материала (курумы, каменные потоки или реки) до глинистых или глинисто-щебнистых отложений.

Наилучшими диагностическими признаками солифлюкционных отложений являются сопутствующие им формы мезо- и микрорельефа. При развитии глинисто-щебнистых отложений солифлюкционные процессы приводят к образованию натечных террас, каменных многоугольников и полос (так называемые полигональные или «структурные» почвы). Описание этих форм приведено в предыдущей главе.

Следует иметь в виду, что медленные гравитационные движения рыхлых минеральных масс происходят и в районах, не связанных с вечной мерзлотой. При этом установлено, что смещение мелкоземистого материала может происходить даже под древесным растительным покровом, не нарушая сплошности почвенно-дернового слоя (Герасимов, 1941).

### 3. АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ И ПРОЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Аллювиальные отложения — один из наиболее важных генетических типов четвертичных отложений. Изучение аллювиальных отложений представляет большой научный интерес (для решения стратиграфических и палеогеографических вопросов четвертичной геологии и для восстановления истории развития рельефа суши) и имеет не менее важное

практическое значение. С ними связано большинство россыпных месторождений ценных полезных ископаемых и месторождений строительных материалов. Подземные воды, циркулирующие в аллювиальных толщах, служат наиболее распространенным источником водоснабжения населенных пунктов, приуроченных обычно к речным долинам. С последними связаны также разнообразные инженерные сооружения (дороги, мосты, плотины для гидростанций и т. п.), основанием для которых в значительной мере служат аллювиальные отложения.

Понятие «аллювий» прочно вошло в науку и не требует особых пояснений. Установление аллювиального происхождения молодых осадков, выстилающих дно долин и образующих низкие террасы с характерными для поверхности последних старицами, прирусловыми валами и т. п., не вызывает затруднений. Сложнее установить природу древнего аллювия, утерявшего прямую связь с современными долинами, а также отграничить собственно аллювиальные отложения от близких к ним по происхождению и составу пролювиальных и флювиогляциальных. Основную помощь в решении подобных вопросов оказывает тщательный геоморфологический анализ.

По составу и характеру аллювиальные отложения разнообразны, что зависит от процессов формирования аллювия в разных физико-географических условиях. Наибольшие различия в этом отношении наблюдаются между горными и равнинными реками. Для первых характерно преобладание грубообломочной галечной русловой фации аллювия, для вторых — закономерное сочетание русловой и мелкоземистой пойменной фации<sup>1</sup>.

В тесной генетической связи с аллювием находятся пролювиальные отложения. К последним следует относить отложения временных потоков, обычно образующих конусы выноса, сухие (субаэральные) дельты и предгорные шлейфы.

Наибольшее развитие пролювиальные отложения имеют в засушливых областях, где, кроме орографических условий, этому способствует сухость климата, обуславливающая периодичность потоков и их иссыкание при выходе на равнину. Характерным примером широкого развития мощных пролювиальных накоплений могут служить предгорные шлейфы Ферганы и других среднеазиатских депрессий. Кроме конусовидной формы, отличительными признаками пролювиальных отложений являются плоские сортировка и окатанность обломочного материала, грубая слоистость, при закономерном уменьшении величины обломков от вершины конуса к его периферии. Для последней характерно присутствие мелкоземистого лёссовидного плаща. К типу пролювиальных отложений могут быть отнесены и отложения силевых (грязевых) потоков, образующихся эпизодически в горных долинах Средней Азии.

В зоне умеренно влажного климата и на равнинах пролювиальные отложения имеют ограниченное распространение. Здесь к ним относят щебнисто-галечные и глинистые отложения небольших конусов выноса, образующихся нередко при выходе оврагов, логов, ручьев и притоков крупных рек в главную долину.

Древние пролювиальные накопления нередко теряют свою первоначальную конусообразную форму. Отдельные конусы постепенно сливаются и образуют у подножия гор сплошные пролювиальные шлейфы. В накоплении материала последних параллельно участвуют и нормальные аллювиальные процессы наряду с делювиальными. Здесь исследователю не удается четко отграничить типичный аллювий от типичного пролювия или делювия. Получают развитие смешанные или переходные образования, которые принято выделять под сложными наименованиями

<sup>1</sup> О типах, фациях и условиях накопления аллювия подробнее см. в работе Е. В. Шанцера (1951).

аллювиально-пролювиальных и делювиально-пролювиальных.

Геологический возраст пролювиальных отложений может быть установлен или по находкам в них органических остатков, или по соотношению с другими отложениями и элементами рельефа, в первую очередь с речными террасами.

#### 4. ОЗЕРНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Озерные отложения отличаются от описанных типов хорошо выраженной горизонтальной слоистостью, преобладанием глинистых осадков, богатых содержанием органических остатков нередко в виде целых линз и прослоев сапропеля и диатомитов. В прибрежных зонах озер могут накапливаться и более грубые (песчано-галечные) отложения.

Большие различия наблюдаются в отложениях озер разных климатических зон. В засушливых зонах озерные отложения обогащаются сернокислыми и хлористыми солями, образующими местами промышленно ценные скопления. На обширных низменных равнинах (подобных Западно-Сибирской, Полесью и др.) благодаря обильному притоку воды, особенно в период таяния ледниковых покровов, а также весенних половодий, образуются огромные временные застойные бассейны, в которых отлагаются тонкие осадки озерного типа, генетически близко примыкающие к пойменной фации аллювия. Отделить в этих случаях собственно озерные отложения от аллювиальных весьма трудно. Для подобных отложений приходится применять сложное наименование — озерно-аллювиальные.

Тесно примыкают к озерным болотные отложения, к которым относятся слои торфа, образовавшиеся в результате зарастания озер. Нередко встречаются и обособленные органогенные образования в виде верховых торфяников на плоских избыточно увлажненных водоразделах и пологих склонах.

Оконтуривание болотных отложений при геологической съемке не представляет затруднений. Для детального изучения поверхностных торфяников, весьма важных в промышленном отношении, требуются специальное оборудование и особая методика. Геолог-съемщик может ограничиться определением средней мощности торфяного пласта, его состава (сфагновый, осоковый и т. п.), степени разложения растительных остатков, содержания минеральных примесей и возможных условий эксплуатации. Кроме того, необходимо отобрать послойные образцы торфа для микропалеоботанического анализа, позволяющего восстановить физико-географические условия накопления торфа, что имеет большое значение для стратиграфии отложений позднего и послеледникового времени.

Еще большую роль в стратиграфическом расчленении всего четвертичного покрова в целом играет изучение погребенных прослоев торфа (см. ниже).

Наконец, следует упомянуть о приуроченности к описываемым отложениям месторождений озерных и болотных железных руд, которые в ряде случаев могут представлять промышленную ценность.

#### 5. ЛЕДНИКОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Наиболее своеобразны среди четвертичных отложений образования, связанные с явлениями оледенения. Эти отложения в значительной мере определяют специфические особенности четвертичной системы в целом, хотя в своем распространении ограничены лишь северными и приполярными областями и высокогорными районами. Они образуют единый ледниковый комплекс или ледниковый генетический ряд, в который входят а) собственно ледниковые (основные, конечные, береговые и другие мо-

рены) — образованные непосредственно ледником; б) ледниково-речные (флювиогляциальные) — осадки потоков талых ледниковых вод (озы, зандр); в) ледниково-озерные — осадки приледниковых озер, образовавшихся в депрессиях за счет талых вод (ленточные глины, пески и супеси).

Морены. Почти все разновидности морен отличаются несортированностью материала. В хаотическом беспорядке в них перемешаны глина, песок, гравий, галька, щебень и валуны разного состава и разных размеров. В некоторых случаях может преобладать грубopесчаный материал или валуны (краевые морены, морены горных ледников), в других преобладает тонкий глинистый и суглинистый материал, однако всегда имеющий беспорядочные включения более крупных обломков, гравия и валунов (основные — донные морены). Нередко в разрезах морен наблюдаются линзы и прослойки слоистых песков и галечников, отложенных в подледниковых озерах и потоками талых вод.

При определении ледникового происхождения необходимо учитывать не только литологические признаки отложений, но и характер развитого на них рельефа: конечноморенных гряд, озерно-холмистого, друмлинового и т. п.

В ряде случаев, однако, наблюдаются отложения, сходные с ледниковыми по составу и форме залегания, но иного генезиса, например размывы конусы выноса в горах, нагромождения обвалов и оползней, солифлюкционные и силевые образования. Они нередко характеризуются такой же несортированностью материала и перегораживают долины подобно конечным моренам. С другой стороны, древние морены подвергаются значительным преобразованиям и теряют свои отличительные признаки. Поэтому требуется особенно тщательный и всесторонний подход к решению вопроса о принадлежности отложений к ледниковым.

Ледниково-речные отложения, в противоположность моренным, представлены хорошо отсортированными слоистыми галечниками, песками и глинами. По составу и характеру слоистости они напоминают аллювиальные отложения, отличаясь от последних присутствием единичных крупных валунов, большей пестротой и сложностью разреза (в озах и флювиогляциальных дельтах).

Древние ледниково-речные отложения высокогорных районов слагают галечные террасы, отходящие от перегораживающих ледниковые долины конечных морен. Если оледенение в горах достигало значительных размеров и ледники не только заполняли долины, но и выходили в предгорья или в межгорные впадины (аляскинский тип), то талые воды, растекаясь по поверхности предгорий, создавали широкие поля галечниковых покровов (в Предкавказье и других районах).

На равнинах ледниковые воды, растекаясь от края ледника плоскими потоками, откладывали песчано-галечный материал в виде широких плоских конусов, получивших название зандров.

По способу происхождения ледниково-речные отложения очень близки к аллювиальным, и разделение их в значительной мере условно.

Недавно Е. В. Шанцер предложил принимать за ледниково-речные только отложения талых вод, текущих внутри толщи льда или по периферии ледника, вне речных долин. Такое предложение не лишено основания, поскольку, как справедливо отмечает автор, талые воды, протекающие в оформленной долине, «становятся обычной рекой, а их отложения — одной из разновидностей обычного аллювия» (Е. В. Шанцер, 1950).

Становясь на эту точку зрения, к ледниково-речным отложениям следует относить лишь песчаные зандровые поля, озы на равнинах и покровные галечники в горных областях.

Ледниково-речное происхождение отложений при полевых исследованиях устанавливается по соотношению их с краевыми ледниковыми образованиями (моренами) и по характеру слагаемых ими аккумулятив-

ных форм рельефа (озы, зандровые конусы). Литологические признаки играют здесь меньшую роль. Лишь наличие чуждых по составу (эратических) валунов и обычно отсутствие органических остатков помогают отличить ледниково-речные отложения от аллювиальных.

**Ледниково-озерные отложения.** Наиболее типичны для них ленточные глины, которые характеризуются тонким переслаиванием глинистых и песчаных прослоев. При этом каждая пара слоев отвечает накоплению осадка в течение одного года (летом — песчаного, зимой — глинистого слоя). Приледниковые озера возникали в депрессиях у периферии ледникового покрова в результате подпруживания талых и речных вод краем ледника, а также внутри краевой части ледника, особенно в условиях его деградации и распада на мертвые глыбы, потерявшие связь с питающим ледник центром оледенения. В озерах, существовавших на поверхности льда или обрамленных ледяными берегами, отлагались тонкослойные песчаные осадки, которые после стаяния льда сохранились в форме камов. Последние характеризуются беспорядочным холмисто-котловинным рельефом с крутыми склонами по краям песчаных накоплений, отражающими форму ледяных бортов внутриледникового озера («склонов ледникового контакта»). Для камовых песчаных отложений характерны параллельно-облегающая слоистость, присутствие единичных валунов, иногда тонкий покров морены (валунного суглинка).

Изучение камов представляет большой интерес для установления местоположения краевой зоны древнего оледенения и образования мертвых глыб льда, а также как значительных источников песка для хозяйственного использования (строительные, формовочные пески и т. п.).

## 6. ЭОЛОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Эоловые (ветровые) отложения распадаются на две основные разновидности — песчаные и пылеватые. К первым относятся перевеваемые пески пустынных областей (барханы, грядовые, бугристые пески и т. п.), береговые и материковые («параболические») дюны, ко вторым — эоловые лёссы. О происхождении лёссов нет единого мнения. Допускается возможность образования их разными путями (эоловым, пролювиальным, делювиальным, аллювиальным и др.). В. А. Обручев предлагает различать типичные, или первичные, эоловые лёссы и вторичные лёссовидные породы различного происхождения.

Огромное значение для определения генетического характера лёссовых отложений, конечно, имеют соотношения их с рельефом и другими типами отложений. С этой точки зрения различают: пролювиальные лёссовые отложения периферийных частей сухих дельт, покровы аллювиальных лёссовидных суглинков на террасах, лёссовидный делювий у подножия склонов и т. п. Для эолового лёсса характерно плащеобразное залегание как на склонах, так и на водоразделах.

Еще большую роль наблюдения над рельефом играют в установлении эолового генезиса песчаных накоплений. Признаки современного перевеивания песков и образующиеся при этом формы эоловой аккумуляции (барханы, дюны и т. п.) достаточно известны. Сложнее определить эоловое происхождение древних песчаных накоплений, находящихся теперь в физико-географических зонах, которым эоловые процессы не свойственны. Под влиянием размыва типичный эоловый рельеф может не сохраниться, и эоловое происхождение песков в таких случаях может быть доказано на основании следующих литологических признаков (Федорович, 1950):

1) хорошая окатанность и полировка песчинок, нередко имеющих округлую форму;

2) наиболее хорошая отсортированность (до 90—99% объема приходится на фракцию 0,25—0,05 мм, более мелкие и крупные фракции встречаются лишь в долях процента);

3) резкое обогащение наиболее устойчивыми и твердыми минералами, в частности кварцем;

4) наличие на песчинках пленки пустынного загара (из окиси железа);

5) наклонная (со средним углом падения 32—34° по направлению ветра) и периклиальная (с наклонами до 20° вдоль склонов гряд и до 10° по направлению ветра) слоистость, иногда перекрестная;

6) желтый, оранжевый или красный цвет<sup>1</sup>.

## 7. ХИМИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Химические отложения имеют ограниченное распространение. Ряд исследователей (Н. И. Николаев, Е. В. Шанцер) отрицает самостоятельное значение химического типа отложений, полагая, что химические процессы, в частности выпадение осадка из раствора, входят как нераздельная часть в другие процессы осадконакопления.

Обычно к химическим образованиям относят отложения источников — различные известковые туфы, травертины и т. п., а также солевые накопления в засушливых областях — солончаки, шоры, залежи солей на дне озер, гипсовые корки пустынь. При геологической съемке четвертичных отложений целесообразно выделять все подобные образования, обозначая их в соответствии с конкретными условиями происхождения («отложения источников», «солончаки», «скопления гипса» и т. д.).

Своеобразную генетическую группу, присущую только четвертичному периоду, представляют техногенные отложения. К последним относят: отвалы от разработки рудников, россыпей и других земляных работ; культурные слои городов; ирригационные отложения оазисов; насыпные курганы и всякие другие накопления, являющиеся результатом деятельности человеческого общества. Эти образования иногда достигают значительной мощности и занимают большую площадь, достаточную для отражения на карте более или менее крупного масштаба. Определение их не представляет затруднений.

На вулканогенных образованиях и морских отложениях четвертичного возраста мы не останавливаемся, так как изучение и картирование их производятся обычными методами геологической съемки. Отметим лишь, что при определении возраста четвертичных лав и туфов имеет значение соотношение их с другими четвертичными отложениями, в особенности с речными террасами.

Морской генезис осадков обычно может быть обоснован находками соответствующей фауны или диатомовых водорослей.

С морскими отложениями тесно связаны дельтовые накопления переходного аллювиально-морского происхождения. Удобнее и правильнее относить их к морским образованиям.

## ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Для определения геологического возраста и стратиграфического расчленения четвертичных отложений методы, применяемые при изучении коренных пород, оказываются недостаточными. Обычный палеонтологический метод в большинстве случаев не может быть использован по следующим причинам: 1) в силу сравнительно редкого нахождения органических остатков в рыхлых толщах континентальных осадков;

<sup>1</sup> Подробнее об эоловых песках и лёссах и приемах их изучения можно найти в работах Федоровича, Мавлянова, Решеткиной и Денисова (см. литературу к главе).

2) из-за отсутствия руководящих форм для отдельных стратиграфических подразделений, поскольку последние охватывают незначительные отрезки времени, за которые не могло произойти заметной смены видового состава фауны и флоры; 3) наземные организмы, находясь в более тесной зависимости от физико-географических условий среды, в разных районах и областях образуют различные комплексы, каждый из которых мог иметь свой особый ход эволюции.

Правда, существуют попытки применения палеонтологического метода к расчленению четвертичной системы на отделы по соотношениям третичных и вновь появившихся четвертичных форм и последних с современными (Ог, В. И. Громов и др.). Однако ненадежность такого подхода доказывается тем, что до настоящего времени нет единого мнения даже о нижней границе четвертичной системы.

Другой принцип стратиграфического подразделения — палеоклиматический — основывается на признании наиболее существенной особенностью четвертичного периода чередования ледниковых и межледниковых эпох, вызванного одновременными для всей Земли резкими климатическими колебаниями.

Смена эпох похолодания и потепления не могла не отразиться на условиях формирования континентальных осадков и во внеледниковых областях, что дает основание сопоставлять отложения в последних с ледниковыми и межледниковыми образованиями на территориях, подвергавшихся оледенениям.

Возражения против этого метода сводятся к представлению о неодновременности или метахронности явлений оледенения (К. К. Марков и И. П. Герасимов, 1939) и о различном количестве оледенений в разных частях земного шара.

Не останавливаясь здесь на других спорных вопросах стратиграфии четвертичных отложений, отметим, что для решения этих вопросов единственно правильным является комплексный подход к изучению всех процессов и явлений, связанных с формированием четвертичного покрова. Ни палеонтологический метод, ни геоморфологический, ни литолого-стратиграфический, применяемые каждый в отдельности, без взаимной увязки, не могут дать положительных результатов. Все же, для удобства изложения, рассмотрим особенности каждого из упомянутых методов в отдельности, не забывая о необходимости их комплексного применения.

#### ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

Наибольшее значение для стратиграфии континентальных четвертичных отложений имеют находки костей позвоночных. Работами советских ученых намечено на территории СССР несколько комплексов и отдельных руководящих форм ископаемой фауны, характерных для различных этапов четвертичного периода геологической истории (табл. 24).

Единого, принятого всеми, подразделения четвертичного периода по этим фаунистическим комплексам еще нет, но они имеют большое значение для сопоставления местных стратиграфических схем и последующей увязки их в одну общую схему для всей Евразии. Поэтому при полевых исследованиях геолог должен с особым вниманием относиться к сбору костных остатков, последующее палеонтологическое определение которых может стать важнейшей отправной точкой для установления возраста четвертичных отложений изучаемого района.

**Сбор остатков позвоночных**<sup>1</sup>. Обычно кости позвоночных встречаются в речных террасах и в делювиальных накоплениях древних балок.

<sup>1</sup> Указания по сбору остатков ископаемых животных и растений, археологических остатков, а также по поискам полезных ископаемых приводятся по «Краткой инструкции по геологической съемке четвертичных отложений» (Сов. секция Межд. асс. по изуч. четв. периода, Госгеолиздат, 1940).

Таблица 24

Схема палеонтологического обоснования стратиграфии четвертичной системы

Фаунистический комплекс	Характерные формы ископаемых млекопитающих <sup>1</sup>	Возраст			по международному делению
		по В. И. Громову	по А. Н. Мазаровичу		
1. Таманский	<i>Elephas meridionalis</i> , <i>Elasmotherium caucasicum</i> , <i>Equus sussenbornensis</i>	Переходный к четвертичному („начало плейстоцена“)			Древний отдел (эоплейстоцен) Q <sub>I</sub>
2. Тираспольский	<i>Elephas wüsti</i> М. Рау, <i>Bison schoetensacki</i> , <i>Alces latifrons</i> , <i>Equus mosbachensis</i> , <i>Cervus verticornis</i> , <i>Elasmotherium sibiricum</i> , <i>Elephas antiquus meridionaloides</i> W. Гром.	Нижнеледниковый (миндельский) — Q <sup>W</sup> , Q <sup>MR</sup>	Миндельский ярус		Средний отдел (мезоплейстоцен) Q <sub>II</sub>
3. Хозарский	<i>Elephas trogontherii</i> Pohl, <i>Bison priscaus longicornis</i> W. Гром, <i>Rhinoceros mercki</i> (Релко), <i>Rhinoceros antiquitatis</i> , <i>Camelus knoblochi</i> , <i>Megaceros germaniae</i> , <i>Equus chosarticus</i> , <i>Equus missi</i>	Конец миндельрисса — Q <sup>MR</sup> Рисский — Q <sup>R</sup> — до максимума оледенения			Новый отдел (неоплейстоцен) Q <sub>III</sub>
4. Верхнепалеолитический а) ориньякский б) солотрейский в) мадленский	<i>Elephas primigenius</i> , <i>Rhinoceros antiquitatis</i> , <i>Rangifer tarandus</i> , <i>Vulpes lagopus</i> , <i>Lemmus obensis</i> , <i>Saiga tatarica</i> , <i>Dicrostonyx torquatus</i> , <i>Alactaga jaculus</i> , <i>Bison priscaus deminutus</i> , <i>Ovibos moschatus</i> и др.	Рисский — Q <sup>R</sup> — после максимума оледенения Рисс-вюрм — Q <sup>RW</sup> Вюрм — Q <sup>W</sup> — до голоцена	Рисский ярус		
5. Голоценовый	Современная фауна с иными ареалами некоторых видов	Современный	Вюрмский ярус		Современный отдел (голоцен) Q <sub>IV</sub>

<sup>1</sup> Руководящие формы выделены жирным шрифтом.

Вымытые из террас, они нередко образуют значительные скопления на современном бечевнике, в виде единичных находок встречаются в лёссах, торфяниках и других отложениях. Скопления костей, кроме аллювия, можно встретить в культурном слое палеолитических стоянок и в пещерах (см. ниже).

Обнаружив остатки позвоночных в осыпи (в основании обрыва террасы), необходимо сразу собрать их, а затем попытаться найти в разрезе террасы тот горизонт, из которого они выпали. Обнаружив костеносный горизонт, следует обратить внимание на признаки, указывающие на первичное (*in situ*) залегание костей. К таким признакам относятся: залегание целых скелетов или частей скелета, состоящих из нескольких костей, сохранившихся между собой более или менее естественное расположение; залегание черепов (особенно с нижними челюстями) или целых зубов слонов (эти зубы даже при незначительном переносе водой обычно разваливаются на отдельные пластинки).

Массовое скопление костей также чаще всего может рассматриваться как признак их первичного залегания или, если это скопление найдено в осыпи, говорит о близости первоначального их захоронения.

При нахождении скоплений разбитых костей без следов окатки необходимо иметь в виду возможность обнаружения здесь стоянки первобытного человека (см. ниже).

Как правило, собирать нужно весь костный материал, в особенности если он происходит из определенного слоя.

Если все кости взять невозможно, то следует выбирать:

1. Кости, принадлежащие одному скелету или какой-либо части скелета одной особи животного. Особое внимание при этом следует обратить на кости мелких животных и все их собирать, не очищая от породы.

2. Черепа, зубы, целые кости конечностей, особенно мелкие (фаланги, кости запястья). Из позвонков наибольший интерес представляют шейные, а из обломков трубчатых костей конечностей — те, которые сохранили поверхности сочленения.

Если кость хорошей сохранности находится в породе, то, прежде чем вынуть ее, следует при помощи более широкой расчистки убедиться в том, что в этом месте нет других костей, представляющих другие части скелета. Если таковые окажутся, то, расчистив и закрепив хрупкие кости раствором целлулоида в ацетоне или шеллака в спирте или просто столярным клеем (300 г на 1 л воды), следует зарисовать и сфотографировать всю группу и только после этого собрать все кости и упаковать их вместе, по возможности не очищая от породы.

Если при обнаружении целого скелета исследователь не имеет возможности немедленно произвести раскопки с соблюдением необходимых условий, то нужно обеспечить сохранность сделанной находки и отложить раскопку до более благоприятного момента.

**Сбор остатков беспозвоночных.** В четвертичных отложениях встречаются в большинстве случаев раковины пресноводных и морских моллюсков или не подвергшиеся окаменению, или слабо окаменелые и, следовательно, хрупкие. При сборе ни в коем случае нельзя очищать раковины от породы. Порода, выполняющая внутренние полости ископаемого и окружающая его, способствует его сохранности при перевозке, а также может быть использована для уточнения характеристики обстановки накопления фауны. Из горизонтов, содержащих значительное количество раковин моллюсков, обязательно брать образец породы для промывки в лабораторных условиях и учета количественного соотношения форм, наблюдаемых в слое: при промывке обычно обнаруживается ряд мелких раковин, которые в поле трудно заметить.

Из осыпи можно собирать раковины лишь при уверенности в том, что они происходят из одного горизонта, а не смешаны из разных горизонтов.

Хрупкие раковины, распадающиеся при первом прикосновении, должны быть закреплены вместе с породой таким же способом, как и кости позвоночных.

При описании обнажения с остатками фауны, кроме обычных данных, должны быть отмечены условия залегания раковин: распределены ли они по всему слою беспорядочно и редко, образуют ли прослой или линзы, нет ли следов определенной ориентировки раковин и т. п.

При упаковке хрупких раковин необходимо использовать вату, пробирки, коробки и другие средства, предохраняющие от поломки.

**Сбор растительных остатков.** Наибольшее значение для дробного подразделения четвертичной системы и для палеогеографических построений имеют, однако, растительные остатки. Это связано с большей чувствительностью растительного покрова ко всяким физико-географическим изменениям и, в особенности, к колебаниям климата.

В четвертичных отложениях встречаются остатки как макроскопические — древесина, кора, листья, плоды, семена, уголь, так и микроскопические — пыльца, споры, диатомовые водоросли.

При взятии образцов древесины желательно отбирать наиболее сохранившиеся участки, по возможности с уцелевшей корой. Древесина плохой сохранности при просыхании быстро разрушается. В таких случаях следует еще влажную древесину пропитать спиртовым раствором шеллака или раствором целлулоида в ацетоне.

Сборы листьев, плодов и семян производятся преимущественно из современных или погребенных торфяников. Чтобы получить возможно более полную характеристику макроскопических остатков, желательно брать для промывки в лаборатории образцы торфа весом не менее 1 кг.

**Сбор микропалеонтологического материала.** В последние десятилетия практика изучения четвертичных отложений обогатилась микропалеонтологическим методом, дающим возможность подойти к точному установлению генезиса и возраста многих немых четвертичных толщ. Этот метод основывается на изучении пыльцы, спор и диатомовых водорослей, встречающихся в самых различных отложениях четвертичного возраста.

Подавляющее большинство наших древесных пород опыляется при помощи ветра и производит огромное количество цветочной пыльцы. Выпадая на поверхность суши или погребаясь в толще водных отложений и торфяников, пыльца и споры хорошо сохраняются благодаря большой стойкости своей оболочки.

Кремневые скорлупки диатомовых водорослей, также обладающие большой стойкостью, прекрасно сохраняются в различных отложениях, откуда могут быть извлечены для анализа. Чувствительность этих водорослей к колебаниям солености бассейна, в котором они обитали, дает возможность широкого использования их для отделения пресноводных отложений от солоноватоводных и морских, трудно различаемых по другим признакам.

Образцы для спорово-пыльцевого и диатомового анализов должны собираться в поле с соблюдением следующих правил:

1. Брать образцы надлежит с максимальной осторожностью и аккуратностью, исключая занос материала со стороны или с других глубин.

2. Особое внимание следует обращать на тщательность документации, так как ошибки в записях глубины на 5—10 см уже могут существенно осложнить возможность стратиграфической увязки горизонтов, особенно при изучении погребенных органических осадков (например, ископаемых торфяников, лигнитов, сапропелитов).

3. Необходимо брать полную серию образцов, охватывающую весь стратиграфический разрез, как при бурении, так и из обнажений и карьеров.

Единичные, не серийные образцы, характеризующие только данный горизонт, не могут быть использованы для стратиграфических целей, представляют малую научную ценность и редко помогают решению практических задач по увязке горизонтов различных разрезов.

4. Пыльцевому анализу следует подвергать почти все типы отложений, как то: аллювиальные, озерные, делювиальные, пролювиальные, эоловые, а также и прибрежно-морские.

Кора выветривания, ледниковые, флювиогляциальные отложения обычно пылцы не содержат. Если же они входят в изучаемый стратиграфический разрез, то следует взять хотя бы один-два образца для пыльцевого анализа и из них, чтобы иметь возможность сделать заключение о всем разрезе в целом, хотя бы и на основании отрицательного результата анализа.

Морские отложения, особенно глубоководные фации, или вовсе не содержат пылцы, или содержат ее в ничтожном количестве. Прибрежные (лагунные) морские отложения уже могут заключать в себе достаточное количество пылцы.

5. При взятии образцов в карьерах, шурфах и обнажениях стенка забоя должна зачищаться лопатой или ножом сбоку, но не сверху вниз, так как в последнем случае смазываются отдельные горизонты и изучение разреза делается невозможным.

На зачищенной стенке при помощи натянутой рулетки или метра ставятся отметки через каждые 20 см. В местах этих отметок вдавливаются стеклянные цилиндрики или пробирки (размером обычно  $10 \times 2$  см). По заполнении последние закупориваются пробкой, или замазываются пластилином, или заливаются сургучом. В местах контактов различных горизонтов, например сильно разложившегося торфа со слабо разложившимся, образцы надо брать чаще.

Этикетка, написанная на пергаментной бумаге или восковке обязательно простым карандашом, вкладывается внутрь цилиндрика или пробирки. Вторая этикетка с таким же текстом наклеивается снаружи. Все цилиндрики или пробирки из одного разреза упаковываются вместе.

При отсутствии пробирок и цилиндриков образцы берут в непромокаемый упаковочный материал с целью сохранения их естественной влажности, причем их берут перочинным ножом или шпателем аккуратно на отметках, сделанных на стенке карьера.

В глинистых породах желательно брать образцы через каждые 10—20 см, а в грубозернистых (гравий, галечники) — с промежутком около метра по вертикали.

6. В случае нахождения в разрезах хотя бы очень тонких (1—2 см) прослоев, богатых растительными остатками (торф, лигнит, уголь) или сильно окрашенным органическим веществом (погребенные почвы), необходимо брать образцы и из этого горизонта, и из прикрывающего и подстилающего слоев.

7. Общий вес образцов для пыльцевого и диатомового анализов должен быть из глинистых пород не менее 250—300 г, из песчаных — 350—400 г.

8. При производстве бурения образцы для пыльцевого анализа приходится брать, учитывая технические возможности частого подъема бура. Во всяком случае расстояние между образцами по вертикали не должно превышать 50 см, особенно при проходке глинистых отложений. Скважины с промывкой в таких случаях исключаются. Вес образца 100—150 г.

9. Бурение торфяников, сапропелей, диатомитов и прочих органических отложений, не покрытых сверху толщей минеральных осадков, необходимо производить при помощи специальных буров систем Гиллера, Сукачева, Инсторфа. Обыкновенные буры не могут дать чистого, не загрязненного материала для анализа.

#### ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД

Литолого-стратиграфический метод, широко используемый при изучении стратиграфии коренных пород, в приложении к четвертичным континентальным отложениям приобретает ряд особенностей. Если напластование дочетвертичных осадочных пород с ненарушенным залеганием идет последовательно снизу вверх по разрезу, то четвертичные континентальные отложения характеризуются во многих случаях при смене и им более молодых к более древним. Это является следствием образования четвертичных отложений в процессе общей денудации поверхности, когда ранее отложившиеся осадки размываются, а затем врезанные в них ложбины заполняются более молодыми осадками. Подобные соотношения особенно наглядно выступают при образовании аллювиальных террас в долинах, молодых конусов пролювия, вложенных в более древние, и т. п.

Из сказанного видно, сколь тесную связь имеет литолого-стратиграфический метод с геоморфологическим. Однако в ряде случаев литологические признаки имеют и непосредственное стратиграфическое и палеогеографическое значение. Наиболее ярким примером могут служить ледниковые отложения. Основные или донные морены разного возраста, т. е. отложенные в разные эпохи ледниковыми покровами, надвигавшимися из различных центров (Скандинавского, Новоземельско-Уральского, Таймырского, Восточно-Сибирского и др.), различаются по составу включенных в них валунов, цвету, структуре, комплексу минералов тяжелой фракции и т. п. Следовательно, установление таких литологических признаков позволяет при прослеживании морен разного возраста выявить стратиграфические соотношения последних. Однако не надо забывать о возможности изменений этих признаков под влиянием захвата ледником местных пород коренного ложа. Особенно осторожно следует подходить к отождествлению моренных горизонтов в удаленных один от другого выходах на основании только внешних признаков (окраски, насыщенности валунами, песчанности и т. п.).

При наступлении ледниковых покровов крупные глыбы ранее отложенной морены могут оказаться включенными в более молодые, ранее существовавшие морены на значительных пространствах могут быть уничтожены новым ледником и т. д. Все это приводит к весьма сложным соотношениям разновозрастных морен и требует учета, кроме литолого-стратиграфических данных, связи моренных толщ с рельефом, с межледниковыми и водно-ледниковыми образованиями.

Особенные трудности представляет дробное стратиграфическое расчленение ледниковых образований с выделением стадий того или иного оледенения, сопровождавшегося более или менее значительными колебаниями (осцилляциями) края ледника. С решением таких задач приходится иметь дело при детальных съемках в районах древнего оледенения.

Большой интерес представляют такие литологические признаки, которые указывают на прежнюю физико-географическую обстановку, не отвечающую современным условиям изучаемого района. Таковы, например, ископаемые следы вечной мерзлоты в виде так называемых ледяных клиньев, погребенных структурных почв, морозного смятия слоев и других солифлюкционных образований, описанных в последние годы (А. И. Москвитин, 1940, 1948). Ледяные клинья — это клиновидные

карманы до 2 м глубиной и до 1,5 м шириной в каком-либо пласте, заполненные иным материалом (песком или суглинком), часто соответствующим материалу кровли. Образуются такие клинья в условиях вечной мерзлоты перигляциальной зоны в результате возникновения морозобойных трещин в грунте, расширяемых замерзающей в них водой. Впоследствии лед вытаивает и трещина заполняется рыхлой породой, отвечающей уже новым климатическим условиям.

Наблюдения над ледяными клиньями, восстанавливая палеогеографическую обстановку, способствуют уточнению границ древних оледенений и сопоставлению отложений внеледниковых областей с определенными горизонтами морен.

Такое же палеогеографическое и, следовательно, стратиграфическое значение имеют горизонты песков с признаками эолового генезиса, что может указывать на засушливые климатические условия.

Наконец, дополнительный материал для стратиграфических сопоставлений немых толщ дает минералогическое изучение четвертичных отложений, приводящее к установлению характерных для каждого горизонта ассоциаций (руководящих комплексов) минералов тяжелой фракции (В. П. Батурич, 1933, 1947).

Особое место занимает метод стратиграфического расчленения лёссовых отложений, основанный на выявлении и прослеживании погребенных почвенных горизонтов, указывающих на перерывы в процессе накопления лёсса и на чередование засушливых и влажных климатических условий. Засушливый климат соответствует, по мнению большинства геологов, ледниковым эпохам, когда происходило отложение лёсса, влажный — межледниковым, в течение которых аккумуляция лёсса прекращалась или замедлялась и на поверхности лёссовых равнин развивались почвы. Хотя эти представления и родились в свете эоловой гипотезы, они вполне приложимы к гипотезе водного происхождения лёсса.

При прослеживании в лёссах погребенных почв необходимо учитывать связь описываемых разрезов с элементами рельефа. Горизонты погребенных почв незначительного протяжения не могут служить маркирующими, и строить на них стратиграфические заключения надо с большой осторожностью.

Кроме лёссов, погребенные почвы могут быть встречены в аллювии, делювии и дюнных отложениях, а также среди морских (дельтовых) осадков, под торфяниками, молодыми вулканическими покровами и т. п. (Б. Ф. Петров, 1950). При условии широкого развития, и в этих случаях погребенные почвы, являясь показателем перерывов в осадко-накоплении, могут быть использованы в стратиграфических целях. Однако вопрос этот пока разработан недостаточно.

При полевых исследованиях многоярусных лёссовых толщ рекомендуется закладка глубоких шурфов на водоразделах или, по крайней мере, тщательная зачистка естественных обнажений, так как лёсс в последних может быть значительно изменен процессами выветривания. Образцы берутся из отвесной стенки по возможности в виде полной серии (через 25 см). Образцы из обнаруженных горизонтов погребенных почв лучше брать в виде монолитов в специальные узкие ящики из оцинкованного железа (50×5×3 см).

Для суждения о типе древнего почвенного покрова и сопоставления погребенных почв в разных разрезах очень важно обращать внимание при сборе и описании образцов на изучение включений и новообразований («журавчики», «дутики», «бобовинки», железистые примазки, выцветы вивианита и т. п.), а также отмечать встречающиеся в лёссах норы землероев, заполненные гумусированным материалом, нередко содержащим органические остатки. Естественно, что образцы погребенных почв, а также и вмещающих их пород должны отбираться для микропалеоботанических исследований.

## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

Геоморфологические наблюдения для выяснения происхождения различных генетических типов четвертичных отложений и для стратиграфического расчленения их имеют очень важное значение.

Особенно ярко роль геоморфологических наблюдений в указанном отношении можно показать на примере ледниковых отложений. Выделение ледниковых образований, отвечающих разным эпохам и стадиям оледенения, основывается, кроме последовательности напластования моренных горизонтов и межледниковых осадков, на степени свежести (сохранности) характерных ледниковых форм рельефа. Естественно, что холмисто-озерный и грядовый рельеф краевых аккумулятивных образований древнего оледенения за более длительный период денудации должен быть сильнее деформирован, чем соответствующие формы рельефа, созданные последним оледенением. И действительно, на севере Русской равнины четко выделяется область последнего оледенения, сохранившая свежие, легко распознаваемые формы ледниковой аккумуляции, в противоположность более южной территории, где ледниковый ландшафт утратил свои типичные черты.

Еще очевиднее важность геоморфологических наблюдений для стратиграфического расчленения аллювиальных отложений, которые обычно слагают террасы разной высоты на склонах речных долин. Только анализируя геоморфологическое положение и соотношение различных террас, наряду с изучением слагающих террасы аллювиальных отложений, можно подойти к решению вопроса об их возрасте.

По соотношению с террасами определяется относительный возраст и многих других типов отложений, таких, как пролювий, делювий, вулканические образования (лавовые потоки на террасах, прослой вулканических туфов в аллювии и др.).

## АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

Совместное изучение советскими геологами-четвертичниками и археологами многочисленных палеолитических стоянок позволило разработать схему сопоставления эпох развития доисторического человека и крупных подразделений четвертичного периода (табл. 25). Пользуясь этой схемой, мы получаем в случае обнаружения остатков культуры каменного века (палео-, мезо- и неолита) дополнительные данные для суждения о возрасте отложений, заключающих эти остатки.

Обычно палеолитические стоянки встречаются в речном аллювии, в делювиальных шлейфах на склонах водораздельных плато или древних террас, в древнем овражном и балочном аллювии и делювии, в лёссовых отложениях, на морских террасах близ устьев рек и т. п. В горных районах стоянки приурочены большей частью к пещерам. Рыхлые накопления на дне таких пещер нередко по времени образования могут быть увязаны с речными террасами. (Н. И. Николаев, 1940). Стоянки мезо- и неолитические чаще всего встречаются в дюнных песках, пойменных осадках, на берегах современных рек и озер.

Признаком, помогающим обнаружить палеолитические стоянки, может служить наличие в осыпях склонов многочисленных кремневых осколков со следами преднамеренного раскалывания и каменных орудий.

Для мезо- и неолитических стоянок характерно обилие черепков примитивной керамики.

Для отличия кремневого отщепла от естественных обломков кремня служат наличие на одном из его концов «ударной площадки» в виде уплощенной поверхности, а также известная правильность (целесообразность) его общей формы.

Обычно находки кремневых отщепов и орудий сопровождаются обломками костей животных. Обнаружив археологические остатки

Схема сопоставления стратиграфии четвертичного периода  
с археологическими эпохами (по В. И. Громову и др.)

Геологические подразделения		Археологические подразделения	
Эпохи	Века (и климатические периоды для послеледниковья)	Эпохи	Века (культуры)
Современная (голоцен)	Субатлантический	Неолит	Железный
	Суббореальный		Ямочно-гребенчатая керамика. Трипольская культура
	Атлантический	Мезолит	Время микролитов
	Бореальный		Культура Маглемозе „Арктический палеолит“ Тарденуазская культура
	Субарктический		Свидерская культура Культура Лингби
Новая (неоплейстоцен)	Новоледниковый (вюрм)	Верхний палеолит	Азильская
	Новолежледниковый (рисс-вюрм)		Мадленская Солютрейская Ориньякская
Средняя (мезоплейстоцен)	Среднеледниковый (рисс)	Средний палеолит	Мустьерская
	Среднемежледниковый (миндель-рисс)		
Древняя (эоплейстоцен)	Древнеледниковый (миндель)	Нижний палеолит	Ашельская Шелльская Дошелльская
	Древнемежледниковый (гюнц-миндель)		

в осыпи, необходимо найти культурный слой, из которого они вымыты, в коренном залегании, установить его мощность и протяженность, степень насыщенности остатками, приуроченность к той или иной террасе, положение в разрезе и т. п.

Легче всего заметить культурный слой в обрывах речных и озерных террас, в искусственных выемках, где он выделяется обычно в виде погребенного гумусового горизонта со скоплениями угля и обожженного (красного) песка.

Производство археологических раскопок ни в коем случае не может входить в задачу геолога, так как подобная работа требует применения особой методики и специального разрешения. Поэтому геолог должен ограничиться лишь тщательным сбором костного и археологического материала, найденного в осыпи, а также в обнажении при зачистке его поверхности.

Материал из осыпи и из культурного слоя (обнажения) упаковывается отдельно, с соответствующими этикетками. Кости, кремни и черепки также помещаются в отдельные пакеты. Хрупкие мелкие предметы лучше перевозить в твердой упаковке (ящики, коробки), перекла-

I ДРЕВНИЙ ОТДЕЛ	II СРЕДНИЙ ОТДЕЛ	III НОВЫЙ ОТДЕЛ	IV СОВРЕМЕН- НЫЙ ОТДЕЛ	Q ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НЕРАСЧЛЕ- НЕННЫЕ	
					Ледниковые отложения
					Флювиогляциальные отложения
					Аллювиальные и аллювиально-озерные отложения
					Озерные отложения
					Морские отложения
					Золотые отложения
					Вулканические отложения
					Проблематические отложения
					Химические отложения
					Элювиальные отложения
					Делювиальные отложения
					Коллювиальные отложения
					Продювиальные отложения
					Отложения грязевых вулканов

Рис. 149. Условные обозначения для карт четвертичных отложений (по С. А. Яковлеву)



ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ВОЗРАСТНЫЕ  
ОБОЗНАЧЕНИЯ

СОВРЕМЕННЫЙ ОТДЕЛ	 IV <sup>al</sup> Аллювиальные речные и озерные отложения
	 IV <sup>m</sup> Морские отложения
НОВЫЙ ОТДЕЛ	 III <sup>al</sup> Аллювиальные речные и озерные отложения
	 III <sup>m</sup> Морские отложения
	 III <sup>eo</sup> Эоловые отложения
СРЕДНИЙ ОТДЕЛ	 II <sup>al</sup> Аллювиальные речные и озерные отложения
	 II <sup>m</sup> Морские отложения
	 II <sup>fgl</sup> Флювиогляциальные отложения

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ  
НЕРАСЧЛЕНЕННЫЕ

 I <sup>al</sup> Древние речные отложения	 Q <sup>eld</sup> Элювиально-делювиальные отложения
 Q <sup>d</sup> Делювиальные отложения	 Q <sup>el</sup> Элювиальные отложения
 Q <sup>pr</sup> Проблематические отложения	

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ  
ОБОЗНАЧЕНИЯ

 Пески	 + Места находок ископаемой флоры
 Суглинки и глины	 ⊕ Места находок ископаемой фауны
 Комплекс песков и глин	 ▲ Палеолитическая стоянка
 V V Щебень	 Лёссовидные суглинки и глины
 ♥ Холмистый моренный ландшафт	 — Граница оледенения
 — Граница морского пролива	 — Обнажения коренных пород по эрозионным линиям

Рис.150. Образец карты четвертичных отложений для масштабов от 1:200 000 до 1:1 000 000 (по С.А.Яковлеву)

дывая ватой. Не следует производить очистку хрупких предметов от породы, чтобы не поломать находку и не повредить покрывающий ее часто весьма тонкий орнамент.

При изучении неолитических стоянок, расположенных на берегах морей и озер, важно установить абсолютную отметку положения культурного слоя, а также взять послойные образцы для микропалеоботанического анализа.

Для решения вопросов стратиграфии и палеогеографии четвертичного периода, кроме комплексного использования всех описанных методов, нередко приходится привлекать данные ряда других наук, прежде всего геоботаники, зоогеографии и палеоклиматологии<sup>1</sup>.

## КАРТА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Особенностью карт четвертичного покрова является одновременное изображение генезиса, возраста и состава отложений. Тесная связь четвертичных отложений с рельефом приводит к отражению на карте и ряда геоморфологических данных. Поэтому карта четвертичных отложений по праву может быть названа комплексной.

Генетические типы четвертичных отложений принято обозначать на карте различными цветами, а возраст — оттенками этих цветов от темных (для более древних) к светлым (для более молодых).

Кроме раскраски, генезис и возраст отложений показываются соответствующими индексами.

Состав отложений обозначается штриховыми черными значками по красочному фону.

В качестве исходной стратиграфической схемы можно рекомендовать деление четвертичной схемы на четыре отдела: нижний или древний ( $Q_1$ ), средний ( $Q_2$ ), верхний или новый ( $Q_3$ ) и современный ( $Q_4$ ).

Работая в поле, надо стремиться разобраться в стратиграфических соотношениях четвертичных отложений разного генезиса и состава и составить местную стратиграфическую схему. Лишь при накоплении материала по более или менее обширной территории и получении бесспорных палеонтологических, геоморфологических и других данных можно сделать попытку сопоставления местных стратиграфических подразделений с общей схемой стратиграфии четвертичного периода.

Перечень генетических типов и литологических разностей, обычно выделяемых на картах четвертичных отложений, с указанием принятых цветов и условных обозначений дается на рис. 149.

При составлении карты четвертичных отложений нужно стремиться возможно полнее отразить соотношения, существующие в действительности. Однако при преобладающем горизонтальном и плащеобразном залегании четвертичных отложений обычно на карте удается показать лишь верхние горизонты четвертичной толщи, не считая почвенного покрова. Нижележащие горизонты могут быть показаны лишь в виде узких полос на склонах речных долин, где они вскрыты эрозией. При относительно мелких масштабах карты и в случае крутых склонов ширину этих полос приходится несколько искажать, захватывая на карте придолинные части водоразделов.

Кроме стратиграфических, литологических и генетических подразделений на картах четвертичных отложений специальными условными обозначениями показываются некоторые геоморфологические элементы, связанные в своем происхождении с формированием четвертичного покрова (террасовые уступы, озы, камы, дюны и т. п.). Однако в результате этого карта четвертичных отложений не становится геоморфо-

<sup>1</sup> Не имея возможности останавливаться на этих вопросах, отсылаем читателя к специальным работам (И. П. Герасимов и К. К. Марков, 1939; Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 37, 1946).

логической, имея, даже при совпадении некоторых контуров, свои особые задачи и содержание. Поэтому объединять обе карты не рекомендуется.

При мелком масштабе съемки, а также при составлении сводных карт наносятся также обобщенные границы оледенений, вечной мерзлоты, морских четвертичных трансгрессий, распространения эрратических валунов; кроме того, условными знаками показывают места находок палеонтологических и археологических остатков, направления ледниковых шрамов, тектонические линии и т. п. (рис. 150).

Необходимым дополнением к карте четвертичных отложений должны быть разрезы и сводная стратиграфическая схема. Последняя заменяет стратиграфическую колонку. В силу незначительной мощности четвертичных отложений геологические разрезы составляются обычно с увеличением вертикального масштаба (в 5—20 раз). Разрезы должны отображать соотношения и мощности различных горизонтов четвертичных отложений и тем самым дополнять данные карты. Для составления разрезов необходимо использовать данные не только полевых наблюдений, но и почерпнутые из фондовых и архивных материалов (данные бурения на воду и т. п.).

Сводная стратиграфическая схема строится в виде идеального профиля через все элементы рельефа, развитые в районе, с определенным вертикальным и произвольным горизонтальным масштабами (рис. 151).

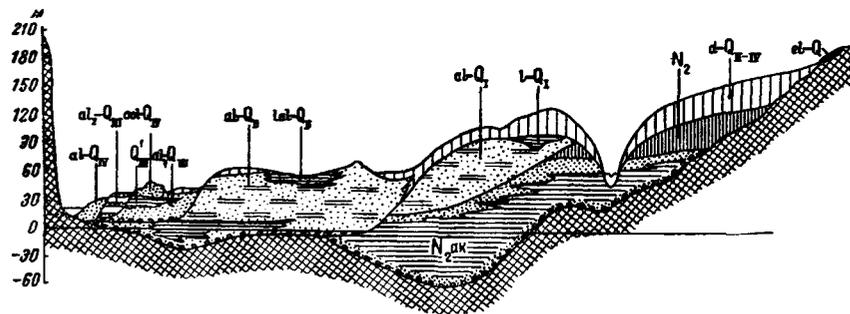


Рис. 151. Сводная по району стратиграфическая схема четвертичных и неогеновых отложений. По Н. И. Николаеву

На схеме показываются взаимоотношения всех генетических типов развитых в районе четвертичных отложений, соотношения их с различными элементами рельефа и с дочетвертичными породами. Мощность отложений показывается в масштабе. На схеме удается отразить переуглубленные долины, характер речных террас, соотношения разновозрастных толщ аллювия и тому подобные явления.

Стратиграфическая схема вычерчивается в тех же условных знаках, что и карта четвертичных отложений. Генезис отложений показывается цветом, литология — штриховкой, возраст — оттенком цвета и соответствующими индексами.

Схема является сводной по всему району. Однако при невозможности отразить на одной схеме все разнообразие соотношений четвертичных отложений, выявленных в разных частях района, составляется ряд схем.

## ОСОБЕННОСТИ КАРТИРОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПОЛЕ

**Требования к топографической основе.** Тесная взаимосвязь четвертичных отложений и геоморфологических элементов заранее определяет необходимость иметь при картировании четвертичного покрова топографическую основу с точным изображением рельефа. Лучшей топоосновой для указанных целей является карта в горизонтальных, со-

ставленная с помощью аэрофотосъемки. Дополняя ее изучением аэрофотоснимков, можно составить карту четвертичных отложений высокого качества.

При выборе топоосновы следует учитывать, что даже при относительно мелких масштабах (1 : 200 000 и 1 : 500 000) картирование в поле четвертичных отложений необходимо производить по карте в горизонтальных масштабах более крупного масштаба (1 : 25 000—1 : 100 000).

**Распределение маршрутов и точек наблюдения.** Картирование четвертичных отложений требует несколько иного подхода к выбору маршрутов, чем съемка коренных пород. Обнажения тех и других пород чаще всего приурочены к берегам рек, но четвертичные отложения долин обычно резко отличаются и по генезису, и по литологии, и по возрасту от отложений водоразделов. Поэтому, кроме основных маршрутов по долинам рек, для изучения четвертичного покрова необходимо делать пересечения всех водоразделов. Так как в равнинных, да нередко и в горных, странах водоразделы большей частью плохо обнажены и в то же время часто сплошь заняты покровом четвертичных образований, изучение и картирование последних здесь может быть осуществлено лишь путем проходки шурфов и неглубоких буровых скважин.

Распределение скважин, шурфов и закопшек при пересечениях водоразделов и на склонах долин должно производиться не механически, а целеустремленно, исходя из стремления наименьшим количеством выработок осветить все изменения в покрове четвертичных отложений. Для этого необходимо внимательно отмечать все изменения рельефа и ряд других признаков, указывающих на смену покровных пород (характер растительности, цвет почвы, микрорельеф и т. п.). Расстояния между шурфами или скважинами могут сильно изменяться. Так, при пересечении водораздела от одной реки до другой выработки следует задавать (при отсутствии естественных обнажений) на каждой террасовой ступени, на каждом перегибе склона и на водоразделе. При этом в долинах (особенно в случае значительного числа террас) выработки могут сгущаться, тем более что нередко бывает необходимо вскрыть прирусловую, среднюю и нагорную части каждой террасы. На водоразделах же, при отсутствии заметных изменений рельефа и других признаков, указывающих на смену четвертичных отложений, выработки могут располагаться значительно реже.

**Изучение обнажений.** При картировании четвертичных отложений, кроме наблюдений над естественными выходами, мелкими горными выработками и скважинами, необходимо использовать и разрезы имеющих в районе колодцев, карьеров, кирпичных ям, придорожных канав и т. п.

Для изучения и описания каждого естественного или искусственного обнажения требуется предварительная расчистка его, так как из-за рыхлости четвертичных пород нижние горизонты разреза всегда бывают закрыты осыпавшимся сверху материалом.

Расчистку удобнее производить в форме вертикальной ступенчатой траншеи (сверху вниз по обрыву). Материал, вынимаемый при проходке такой траншеи, необходимо отбрасывать в сторону, чтобы не увеличивать мощность осыпи, закрывающей основание обрыва. Глубина траншеи зависит от мощности осыпавшегося или смещенного материала. Убедиться в том, что траншея вскрыла напластования в несмещенном залегании, можно по боковой стенке траншеи, где легко заметить загибы слоев вниз по склону.

При описании обнажения необходимо отметить, к какому элементу рельефа оно приурочено (к бровке, средней или тыловой части той или иной террасы, к склону долины или водораздельному плато, к конечной морене и т. п.), и установить возможно точнее его гипсометрическое положение.

Малая мощность и быстрая изменчивость четвертичных отложений требуют значительно большей детальности описания их разрезов по сравнению с коренными породами. Необходимо тщательно выделять и описывать все, даже самые тонкие, слои, прослои и линзы, указывающие на изменение механического состава, окраски, характера слоистости, включений и т. п. Особое внимание следует уделять изучению и описанию границ между отдельными слоями (резкая, расплывчатая, волнистая, один слой вдается карманами в другой и т. п.), размерам, степени окатанности, характеру распределения и ориентировки валунов, галек и другого обломочного материала<sup>1</sup>. Все эти признаки помогают, как было уже отмечено, определению генетического типа и установлению стратиграфических взаимоотношений отложений.

**Наблюдения между обнажениями и установление геологических границ.** Непостоянство разреза четвертичных отложений, тесная зависимость их от рельефа вызывают необходимость непрерывных и тщательных наблюдений на всем протяжении маршрутов (кроме описания обнажений). Не говоря уже об обязательном фиксировании всяких, хотя бы и незначительных, изменений в рельефе (уступы, перегибы, замкнутые мелкие и крупные впадины, ложбины, воронки, бугристость и т. д.), необходимо обращать внимание на изменения растительного и почвенного покрова, выбросы из кротовин и сурчин, характер поверхности полей и огородов (в населенных районах), вывороты корней упавших деревьев (так называемые искоры), т. е. на все признаки, указывающие непосредственно или косвенно на изменение характера покровных отложений. Одновременно описывается и общий характер ландшафта и рельефа на данном отрезке маршрута, что важно не только для картирования четвертичных отложений, но и для составления геоморфологической карты.

Как только геолог замечает какой-либо из указанных признаков, он должен выяснить, связан ли этот признак с изменением характера отложений. Если естественных выходов (обнажений, сурчин, искорей и т. п.) недостаточно, необходимо заложить шурф или закопашку. Установив место смены отложений по маршруту, надо наметить протяжение граничной линии в стороны от маршрута. При соблюдении перечисленных указаний геолог получает возможность не только оконтурить на карте основные генетические типы отложений разного возраста, но и с большей или меньшей точностью выделить внутри этих типов площади, занимаемые отдельными литологическими разновидностями. Например, в пределах аллювиальной террасы могут быть выделены площади развития галечников (русовая фация), суглинков, песков, илисто-торфяных отложений (старичная фация) и т. п.

Таким образом, контуры генетических и стратиграфических подразделений устанавливаются в природе и наносятся на карту чаще всего по геоморфологическим признакам. Границы литологических разновидностей могут быть намечены лишь путем непосредственного прослеживания в естественных и главным образом искусственных обнажениях.

Внимательное наблюдение над микрорельефом, вместе с учетом ряда других косвенных признаков (растительность и т. п.), помогает, во-первых, наиболее экономно располагать горные выработки и, во-вторых, выявлять все основные литологические различия. Последнее имеет особенно важное значение в поисковом отношении.

**Применение аэрометодов при изучении и съемке четвертичных отложений.** Аэрогеологические методы при изучении четвертичного покрова дают значительный эффект не только в благоприятных условиях незалесенных районов, но даже в условиях тайги.

Отметим особую важность контактных отпечатков, дающих возмож-

ность получать стереоскопическое изображение всех деталей поверхности и оконтурить все аккумулятивные формы рельефа, характерные для того или иного генетического типа отложений (конечные морены, камы, речные террасы, дюны и барханы и т. п.). Контактные отпечатки помогают проводить границы разных литологических и генетических типов отложений по таким косвенным признакам, как характер растительного покрова, микрорельеф и т. п., обычно отчетливо выраженным на аэрофотоснимках (благодаря тесной связи, существующей между растительностью и составом четвертичных отложений).

В слабо залесенных районах значение аэрофотоснимков, как и аэрометодов в целом, сильно возрастает. Здесь они оказывают помощь не только при картировании генетических типов и литологических разновидностей отложений, но и при решении стратиграфических вопросов. Соотношение разновозрастных террас, вложенные один в другой или наложенные конусы выноса, реликты древних денудационных поверхностей, с которыми связаны отложения соответствующего возраста, — все это выступает, нередко с исключительной наглядностью, на аэрофотоснимках, и последние помогают разобраться в указанных соотношениях значительно лучше и легче, чем наземные наблюдения, при которых исследователь не может охватить сложные явления в целом одним взглядом.

Аэровизуальные наблюдения при изучении четвертичных отложений дают возможность использовать еще один дополнительный признак — цвет поверхностных отложений, нередко «просвечивающий» даже через почвенно-растительный покров. В сочетании с другими признаками цвет также помогает проследить разные типы отложений с самолета. Однако нанесение границ на карту при аэровизуальных наблюдениях, в силу быстроты полета и трудности ориентировки, не может быть сделано с такой же точностью, как при дешифрировании аэрофотоснимков. Поэтому аэровизуальный метод скорее должен рассматриваться как подсобный.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

К полезным ископаемым четвертичной толщи относятся главным образом россыпи различных ценных минералов, нерудные ископаемые из категории строительных материалов, торф, сапропель, а также болотные и озерные руды. Поскольку эти полезные ископаемые, как правило, отвечают отдельным генетическим типам четвертичных отложений, постольку обыкновенная съемка четвертичного покрова, проведенная с достаточной точностью и детальностью, может вместе с тем служить основанием для целесообразного направления поисковых работ. Поэтому карта четвертичных отложений, включающая генетическую, литологическую и стратиграфическую характеристики отложений, до известной степени является картой прогнозов, пользуясь которой геолог без труда сможет наметить основные направления поисковых работ по тем или иным полезным ископаемым.

Особую проблему составляют поиски россыпных месторождений в четвертичной толще, а также приемы поисков коренных месторождений путем изучения рассеяния ледниковых валунов или направления солифлюкционных движений четвертичных пород.

Наиболее разработаны вопросы поисков и разведок аллювиальных россыпных месторождений. Такие поиски требуют возможно более полного и всестороннего изучения четвертичного покрова, как в отношении стратиграфии, так и в отношении состава и происхождения. Сюда входят детальное освещение геологического строения, новейшей тектоники и геоморфологии речных долин, состава и строения террас и, наконец, восстановление полной картины последовательного развития древней гидро-

<sup>1</sup> Об изучении ориентировки обломков см. стр. 113—119.

графической сети, которая может весьма существенно отличаться от современной.

Методика поисков россыпных месторождений рассматривается в специальных работах, например в книге Ю. А. Билибина «Основы геологии россыпей» (1938).

Для районов, лежащих вблизи бывших центров оледенения, изучение состава валунов может привести к открытию месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Поэтому исследователям этих районов необходимо обращать внимание на присутствие в моренах валунов рудоносных пород. Если таковые будут встречены, надо произвести поиски коренного выхода породы, давшей найденный валун. Некоторые указания на этот счет может дать ориентировка озов, друмлинов, конечных морен, бараньих лбов, ледниковых шрамов и штриховки, так как родина валуна должна находиться в направлении, параллельном движению ледника той эпохи, когда была отложена морена, включающая этот валун.

С этой целью составляется карта, на которой наносится площадь распространения коренных пород и донной морены, точные площади, занятые озами, камами, ледниковыми дельтами, конечными моренами и участками холмисто-моренного ландшафта. Стрелками указывается направление ледниковых шрамов, ориентировка бараньих лбов, отмечаются места находок валунов рудоносной породы и направление «потоков» валунов каких-либо характерных пород, закономерно ориентированных в отношении движения ледника. Обследуя район распространения рудных валунов, встречаемых в морене, надо обращать внимание не только на валуны искомой породы, но и на обломки пород, обычно залегающих в контакте с этой рудоносной породой, а также попутно исследовать и продукты распада данных пород.

Надо сказать, что сколько-нибудь значительная концентрация валунов определенной породы наблюдается лишь на небольшом расстоянии от места ее коренного залегания. Так, по имеющимся данным, в пределах материкового оледенения четкий конус рассеивания валунов прослеживается на расстоянии около 20 км от места залегания породы, после чего наблюдается значительное перемешивание валунов и границы конуса затухают.

Оконтурив конус рассеивания рудных валунов, переходят к поискам выхода рудоносной породы вблизи вершины конуса. В том случае, когда

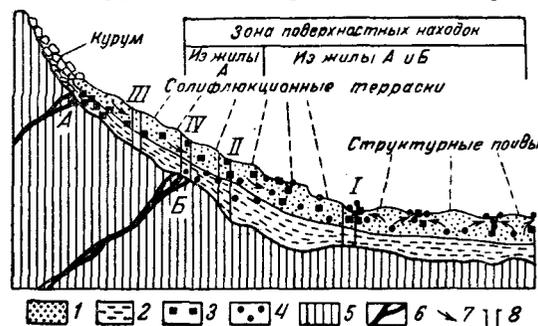


Рис. 152 Схематический разрез делювиальной россыпи, образовавшейся в условиях солифлюкции. По С. Г. Бочу

1 — активный слой грунта; 2 — вечномёрзлый слой грунта; 3 — россыпи; 4 — жилы А, 4 — жилы Б; 5 — коренные породы; 6 — жилы, содержащие полезное ископаемое; 7 — направление движения грунта; 8 — выработки при поисках жилы Б (римские цифры показывают порядок их заложения)

этой породе бывает покрыта чехлом позднейших отложений, приходится производить поиски ее шурфовкой, бурением и электроразведкой. Работы по прослеживанию путей разноса валунов привели к открытию многих залежей полезных ископаемых.

Широкое развитие процессов солифлюкции в высокогорных и высокогорных странах обуславливает своеобразные черты формирующихся здесь россыпей полезных ископаемых. В силу большой подвижности грунта россыпи обычно сильно вытянуты в направлении уклонов рельефа. Явления напыливания, вымораживания и морозной сортировки приводят к образованию двухъярусных россыпей (рис. 152) и перераспределению материала россыпей в поверхностном слое грунта.

Встречаются также россыпи, потерявшие связь с коренными месторождениями и передвинувшиеся по склону под влиянием солифлюкции на десятки и нередко сотни метров от коренного залегания (так называемые «нацело смещенные» россыпи). В условиях слабых уклонов возникают неправильные солифлюкционные россыпи, которые часто ошибочно относятся к типу моренных россыпей.

Солифлюкционная россыпь имеет обычно форму веера или, в случае крутых склонов, клина, в вершине которого расположены коренные выходы полезного ископаемого. Однако верхняя, наиболее богатая часть россыпи оказывается погребенной под натечными массами, а само месторождение — замаскированным от глаз наблюдателя. Поэтому обычная сеть шурфов здесь неприменима. Методика поисков заключается:

1. В оконтуривании россыпи по поверхностным находкам, с учетом признаков солифлюкции (указанных в главе XIII).

2. В подсечении «струи» (шлейфа) канавами, располагающимися вкост россыпи (вдоль склона). При этом канавы задаются выше места последних поверхностных находок, с интервалом 5—8 м в зависимости от крутизны склона, состава россыпи, характера полезного ископаемого. Учитывая ряд наблюдений над явлениями солифлюкции, в частности влияние дифференциальной морозной сортировки в структурных почвах, удается по «струе» вскрыть замаскированную элювиальную россыпь или коренное месторождение с минимальной затратой труда и времени (рис. 152 и 153).

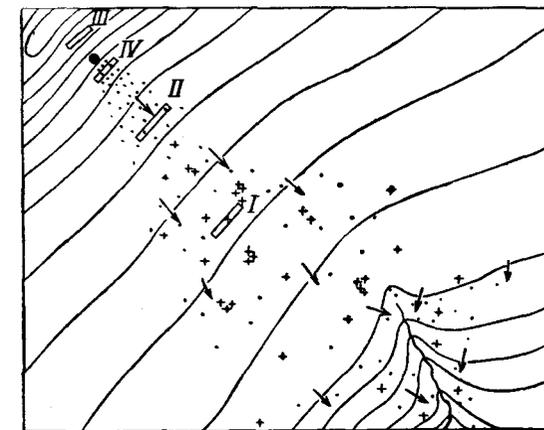


Рис. 153. Делювиальная россыпь в плане. По С. Г. Бочу

1—2 находки полезного ископаемого; 1 — на поверхности, 2 — в толще грунта; 3 — коренное месторождение, скрытое под покровом солифлюкционного делювия; 4 — направление течения грунта; 5 — выработки (римские цифры показывают порядок их заложения)

#### ЛИТЕРАТУРА

Батурин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. АН СССР, 1947.  
 Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. ОНТИ, 1938.  
 Боч С. Г. О некоторых типах делювиальных отложений Приполярного Урала. БМОИП, нов. серия, отд. геол., т. XVII, 1939.  
 Боч С. Г. и Краснов И. И. К вопросу о границе максимального четвертичного оледенения в пределах Уральского хребта в связи с наблюдениями над нагорными террасами. Бюлл. КЧ АН СССР, № 8, 1946.  
 Боч С. Г. Солифлюкция на Приполярном Урале. Матер. по геоморфологии Урала, вып. 1, 1948.  
 Васильковский Н. П. О некоторых генетических типах новейших континентальных отложений Средней Азии (делювий, пролювий, аллювий). БМОИП, отд. геол., т. XXVI, вып. 2, 1951.  
 Герасимов И. П. О движениях почвенно-грунтовых масс на склонах. Почвоведение, № 7—8, 1941.  
 Герасимов И. П. и Марков К. К. Ледниковый период на территории СССР. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 33, 1939.  
 Громов В. И. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР. Тр. ИГН АН СССР, вып. 64, геол. серия, № 17, 1948.  
 Громов В. И. Геологический возраст палеолита на территории СССР. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.  
 Громов В. И. Краткий очерк истории четвертичной фауны СССР. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Громов В. И. О верхней границе третичного периода. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Гричук В. П. и Заклинская Е. Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. Географиз, 1948.

Денисов Н. Я. К вопросу о генезисе просадочных лёссовидных суглинков. Докл. АН СССР, нов. серия, т. 41, № 3, 1943.

Жуков М. М. Плиоценовая и четвертичная история севера Прикаспийской впадины. Пробл. Зап. Казахстана, т. II СОПС АН СССР, 1945.

Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений. Госгеол-издат, 1940.

Мавлянов Г. А. Генезис лёссовидных пород как основной фактор в оценке их физических свойств. Тр. Инст. геол. АН Узб. ССР, вып. 3, 1949.

Мавлянов Г. А. О происхождении лёсса и лёссовидных пород южных районов Средней Азии. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Мазарович А. Н. Принципы стратиграфии четвертичных отложений. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Марков К. К. О форме и происхождении морен в горах. Уч. зап. МГУ, т. 119, 1946.

Москвитин А. М. «Ледяные клинья» — клиновидные трещины и их стратиграфическое значение. БМОИП, отд. геол., т. XVIII (2), 1940.

Москвитин А. М. Об ископаемых следах «вечной» мерзлоты. Бюлл. КЧ АН СССР, № 12, 1948.

Николаев Н. И. Генетические типы новейших континентальных отложений. БМОИП, отд. геол., т. XXI, вып. 4, 1946.

Николаев Н. И. О зональности в распространении новейших континентальных отложений. Бюлл. КЧ АН СССР, № 10, 1947.

Обручев В. А. Лёсс как особый вид почвы, его происхождение, типы и задачи изучения. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Обручев С. В. Изучение форм рельефа и отложений околледниковых областей. Справочник путешественника и краеведа, т. II. Географиз, 1950.

Павлов А. Генетические типы материковых образований ледниковой и послеледниковой эпохи. Изв. Геол. ком., т. VII, 1888.

Петров Б. Ф. Значение ископаемых и древних почв для четвертичной палеогеографии. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Петров М. П. Рельеф барханных песков пустынь и закономерности его формирования. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 39, 1948.

Проблемы палеогеографии четвертичного периода. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 37, 1946.

Решеткина Н. М. Лёсс как фация и его место в фациально-ландшафтных обстановках Средней Азии. Докл. АН Узб. ССР, № 3, 1949.

Соколов Н. Н. К вопросу о генезисе и эволюции ледниковых форм равнин. Пробл. физ. геогр., вып. I. АН СССР, 1934.

Соколов Н. Н. О положении границ оледенений в Европейской части СССР. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 37, 1946.

Соколов Н. Н. О принципах стратиграфии ледниковых отложений. Изв. ВГО, т. 79, вып. 1, 1947.

Страхов Н. М. Историко-геологические типы осадконакопления. Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1946.

Федорович Б. А. Некоторые основные положения о генезисе и развитии рельефа песков. Изв. АН СССР, серия геогр. и геофиз., № 6, 1940.

Федорович Б. А. Вопросы происхождения и формирования песчаного рельефа пустынь. Тр. Инст. геогр. АН СССР, вып. 39, 1948.

Федорович Б. А. Изучение работы ветра, исследование песков и лёсса. Справочник путешественника и краеведа, т. II. Географиз, 1950.

Федорович Б. А. Происхождение и развитие песчаных толщ пустынь Азии. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Шанцер Е. В. Некоторые новые данные по стратиграфии четвертичных отложений Среднего Поволжья в связи с вопросом о погребенных почвах в делювиальных шлейфах. Тр. КЧ АН СССР, т. IV, вып. 2, 1935.

Шанцер Е. В. К учению о фациях континентальных осадочных образований. Бюлл. КЧ АН СССР, № 13, 1948.

Шанцер Е. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. Тр. ИГН АН СССР, вып. 135, геол. серия, 55, 1951.

Шанцер Е. В. Генетические типы четвертичных континентальных осадочных образований. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

Шанцер Е. В. Основные закономерности образования и строения аллювия равнинных рек умеренного пояса и его положение среди других типов аллювиальных отложений. Матер. по четв. периоду СССР, вып. 2, КЧ АН СССР, 1950.

## ГЛАВА XV

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Подземные воды имеют большое значение в жизни человеческого общества, поэтому изучение их чрезвычайно важно для развития различных отраслей народного хозяйства. Они широко используются в целях питьевого, хозяйственного, технического водоснабжения, а также в бальнеологических целях и для извлечения растворенных в них веществ. Нередко они являются помехой при проведении различных мероприятий, например при наземном и подземном строительстве, разработке полезных ископаемых, хозяйственном освоении заболоченных территорий, орошении земель, когда подъем уровня грунтовых вод нередко сопровождается засолением вод и заболачиванием территории. Подземные воды самым тесным образом связаны с породами, в которых они находятся, поэтому при поисках различных полезных ископаемых подземные воды могут служить хорошими поисковыми признаками. В ряде случаев по составу подземных вод можно судить о наличии в недрах гипса, соли, сульфидных руд и т. п.

Наблюдения за подземными водами важны и непосредственно для геологической съемки, так как они позволяют уточнить геологическую карту. Например, по выходам подземных вод можно картировать контакты водоносных и водоупорных пород, прикрытые делювием, тектонические разломы.

В пределах Русской и Сибирской платформ солёные источники, как правило, появляются в ядрах антиклинальных складок и куполов. Карстовые, оползневые и другие явления, вызванные деятельностью подземных вод, позволяют судить о геологическом строении отдельных частей изучаемой территории. Необходимо также твердо помнить, что в своем развитии горные породы и подземные воды — подземные резервуары и их содержимое — неотделимы. Огромная роль подземных вод в выветривании пород и диагенезе, в созидании, изменении и разрушении различных месторождений (гидротермальных рудных, нефти, соли и др.) не подлежит сомнению.

Из сказанного видно, насколько важны наблюдения за подземными водами. Как сказано, эти наблюдения нужны не только для освещения гидрогеологических условий района: умелое использование гидрогеологических данных позволяет лучше вскрыть и познать особенности геологического строения района.

При региональной геологической съемке должны быть получены материалы для общей характеристики водоносности района. Нужно стремиться дать наиболее полное и ясное представление: о водоносности развитых в районе образований (осадочных, изверженных и метаморфических), водообильности тех или иных зон, горизонтов, толщ или свит и изменениях ее в пространстве и времени; о распределении подземных

вод в районе; о возможных площадях и условиях питания подземных вод, закономерностях их выхода на поверхность, глубине залегания уровня грунтовых вод, более глубоких водоносных горизонтах; о составе подземных вод, приуроченных к выделенным водоносным зонам и горизонтам, и изменениях его в пространстве и времени. Для решения гидрохимических задач партия снабжается полевой гидрохимической лабораторией (например, системы А. А. Резникова).

Гидрогеологические наблюдения при геологической съемке состоят в изучении естественных и искусственных выходов подземных вод, всех проявлений их деятельности. Задача геолога при этом сводится:

1. К регистрации и описанию естественных и искусственных выходов подземных вод и проявлений их деятельности.

2. К выяснению приуроченности водоносных горизонтов к различным толщам, выявлению степени водообильности различных пород и качества подземных вод, установлению основных водоносных горизонтов и водоупорных пород.

Все эти наблюдения должны дать материал для составления главы отчета «Гидрогеология района» и графических приложений к ней — карты водоносности и гидрогеологической колонки.

На карте водоносности отображаются возраст пород, литологический состав и характер водоносности пород, водообильность пород, степень минерализации подземных вод, опорные скважины, колодцы и родники, различные проявления деятельности подземных вод (заболачивание, закарстованность, оползневые явления и т. п.), проводятся границы распространения водоносных горизонтов, тектонических разломов и зон, выделяются гидрогеологические районы.

Карта водоносности должна быть увязана с геологической картой и согласована с ней как в отношении границ распространения водоносных пород, так и в отношении возрастного расчленения отложений. На среднемасштабных картах показывается в основном водоносность коренных пород, водоносные же горизонты в четвертичных отложениях не показываются, за исключением случаев, когда они имеют существенное гидрогеологическое значение, например в крупных речных долинах, озерных впадинах, конусах выноса и т. п. В крупных масштабах допускается составление двух карт водоносности — дочетвертичных и четвертичных пород.

Обычно при геологической съемке гидрогеологические карты составляются в схематическом виде. Для полноценной гидрогеологической карты масштаба 1 : 200 000 требуется (в зависимости от сложности района) от 0,4 до 1, а масштаба 1 : 50 000 — от 2 до 4,5 гидрогеологических наблюдений на 1 км<sup>2</sup> (возможно только при наличии в партии специального гидрогеологического отряда).

Прилагаемая к отчету гидрогеологическая колонка представляет собой стратиграфический разрез, дополненный данными о водоносных свойствах пород. При этом на колонке должны быть выделены особо важные водоносные горизонты с их качественной и количественной характеристикой.

## ПРОГРАММА НАБЛЮДЕНИЙ

Каждый источник обозначается своим номером и наносится условным знаком на карту естественных и искусственных выходов подземных вод (водопунктов). В полевой книжке записываются следующие данные:

- 1) номер источника, его название, точное местонахождение;
- 2) долгота, широта, высота над уровнем моря, относительная высота над меженным уровнем ближайшего озера, реки;
- 3) подробная характеристика положения источника относительно элементов рельефа и рельеф в месте выхода;

4) условия выхода воды (вытекает ли она из четвертичных отложений или из коренных пород; выход ли это пластовых или трещинных вод; является ли источник восходящим или нисходящим);

5) состав водоносного и водоупорного слоев, их положение, трещиноватость, возраст.

В складчатых областях источники нередко располагаются вдоль крупных разломов, образуя «термоминеральные» и «гидроминеральные» линии. При наличии таких линий следует выяснить положение источника на линии и указать ближайшие источники, приуроченные к той же линии, а также охарактеризовать данную линию как геологическое образование. Особенно большое внимание должно уделять системе трещин, по которым поднимается подземная (минеральная) вода, ибо положение трещин в значительной мере определяет направление дальнейших поисковых и разведочных работ. Необходимо также помнить, что нередко выходы подземных вод наблюдаются не прямо в трещине разлома, а по соседству с ней.

При описании источника следует, кроме того, охарактеризовать размеры и форму родниковой воронки и головки источника, составить глазомерную схему и схематический геологический разрез в месте выхода источника. Наиболее типичные источники фотографируются.

Описывают обделку (каптаж) источника, ее форму, размеры, материал. Важно установить положение каптажного устройства по отношению к водоносным пластам, трещинам и т. п. Записывается, кем и когда был сооружен каптаж, его состояние.

Определяют дебит (расход) источника (в л/сек). Дебит малых источников удобнее всего измерять объемным способом, дебит больших — при помощи гидрометрической вертушки, поплавками. Выясняют по опросным данным и непосредственными наблюдениями, насколько изменяется дебит источника и от чего зависят эти изменения (от времени года, снеготаяния, выпадения атмосферных осадков). Если по ходу геологической съемки представляется возможность посетить источник еще раз, необходимо сделать повторный замер дебита. Каждый раз при замере дебита описывают способ измерения и ставят дату наблюдений.

По величине дебита источники обычно разделяются на малые — менее 1 л/сек, средние — от 1 до 10 л/сек, большие — более 10 л/сек.

В каждом районе исследований на базе этой общей классификации может быть дана своя частная классификация источников по дебиту.

**Физические свойства воды.** Определение физических свойств воды источника (прозрачность, цвет, запах, вкус, температура) производится на месте.

Качественное определение прозрачности производится в пробирке или цилиндре. Глядя сверху, наблюдают степень прозрачности. По степени прозрачности существует следующая номенклатура воды: прозрачная, слабо опалесцирующая, опалесцирующая, слегка мутная, мутная, сильно мутная. Количественное определение степени мутности производится в цилиндре высотой не менее 30 см с плоским дном. Отмечают наибольшую высоту водяного столба, при котором возможно чтение шрифта, подложенного под дно цилиндра. Эта высота (в сантиметрах) и выражает прозрачность воды.

Цвет определяется качественно: вода без цвета, желтоватая, зеленоватая, голубоватая, бурая и т. п. Если вода мутная, ее предварительно фильтруют.

Запах воды определяется двумя способами: 1) Заполняют водой  $\frac{3}{4}$  сосуда, закрывают корковой пробкой, взбалтывают, открывают пробку и сразу нюхают; 2) наливают в сосуд воду предварительно подогревают до 50—65°, затем встряхивают и нюхают. Интенсивность запаха выражается по пятибальной системе: нет запаха, очень слабый, заметный,

отчетливый, очень сильный. К этому добавляют качество запаха: хлорный, землистый, болотный, затхлый, сероводородный и т. п.

Вкус воды определяется при условии отсутствия подозрений на загрязненность. Для определения вкуса воду нужно подогреть до 20—25°. По вкусу различают воду: пресную, соленую, горькую, кислую, вяжущую и т. п.

Температура воды измеряется в градусах Цельсия родниковым термометром, который опускается в головку источника. Если вода находится в колоде или скважине, то необходимо взять два замера: один у поверхности и второй на забое. Одновременно измеряется температура воздуха (в тени). Все данные записываются в полевой книжке, где также отмечается дата наблюдений. При отсутствии родникового термометра можно воспользоваться любым другим выверенным термометром, желательнее с ценой деления до 0,2°. Если источник имеет несколько головок, то измеряют температуру воды в каждой головке и составляют эскизный план выходов воды.

Для источников установлена следующая температурная шкала:

Исключительно холодные (отрицательно-температурные)	Ниже 0°
Весьма холодные	0 — 4°
Холодные	4 — 20°
Теплые	20 — 37°
Горячие	37 — 42°
Весьма горячие	42 — 100°
Исключительно горячие (гейзеры)	Свыше 100°

Собираются сведения и об использовании источника и его отложений. Если на источнике базируется завод или курорт, то дается его краткая характеристика.

Особенно тщательно должны быть описаны минеральные источники и геологическая обстановка их выхода на поверхность.

**Химические свойства воды.** Изучение химических свойств воды производится с помощью полевых лабораторий. Наиболее хорошо себя зарекомендовала полевая гидрохимическая лаборатория системы А. А. Резникова, изготавливаемая на заводе геологического оборудования в Москве.

Количество реактивов в основном и запасных ящиках лаборатории рассчитано на 120—150 анализов. К полевой лаборатории прилагается инструкция.

Из наиболее важных источников, а также из минеральных источников отбираются пробы воды для исследования в специальных лабораториях.

В полевой обстановке важно определить такие составные части воды источника, которые быстро изменяются при хранении проб. Так, рекомендуется определять: рН — показатель концентрации водородных ионов;  $H_2S$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $NH_4$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , связанную и свободную углекислоту, растворенный в воде кислород.

Необходимо строго соблюдать правила отбора проб воды на химический анализ, а также руководствоваться стандартными формами документации гидрохимического анализа. Этими правилами установлен следующий порядок отбора проб воды:

1. Пробы отбираются на сокращенный химический анализ в количестве не менее 1 л, на полный анализ — не менее 1,5 л, а если намечаются специальные определения, то в количестве 5—15 л (в бутылки емкостью по 1 л).

2. Отбор пробы производится не менее чем в две бутылки.

3. Перед взятием пробы бутылки необходимо тщательно вымыть, а затем не менее чем три раза сполоснуть отбираемой водой.

4. Бутылки должны быть закупорены герметически, лучше всего бархатными корковыми, резиновыми или пришлифованными стеклянными пробками. Перед употреблением пробки необходимо тщательно прокипятить в дистиллированной воде и хранить в чистой банке или мешочке. Перед тем как закупорить бутылку, пробка споласкивается в отбираемой воде. Категорически не допускается закупорка деревянными, бумажными, кукурузными и тому подобными пробками. Если пробы взяты для определения редких компонентов, нельзя применять менделеевскую и другие типы замазок, ибо при вскрытии пробки очень трудно избежать загрязнения пробы замазкой.

5. Если вода газует, полезно оставлять над водой в бутылке газ, чтобы предохранить воду от изменений в ее составе. Если вода не газует, то оставляют в бутылке воздух в количестве 10—15 см<sup>3</sup>, в противном случае при изменении температуры пробка будет вытолкнута.

6. На бутылку наклеивают этикетку с номером пробы, номером и названием источника, названиями партии, района,

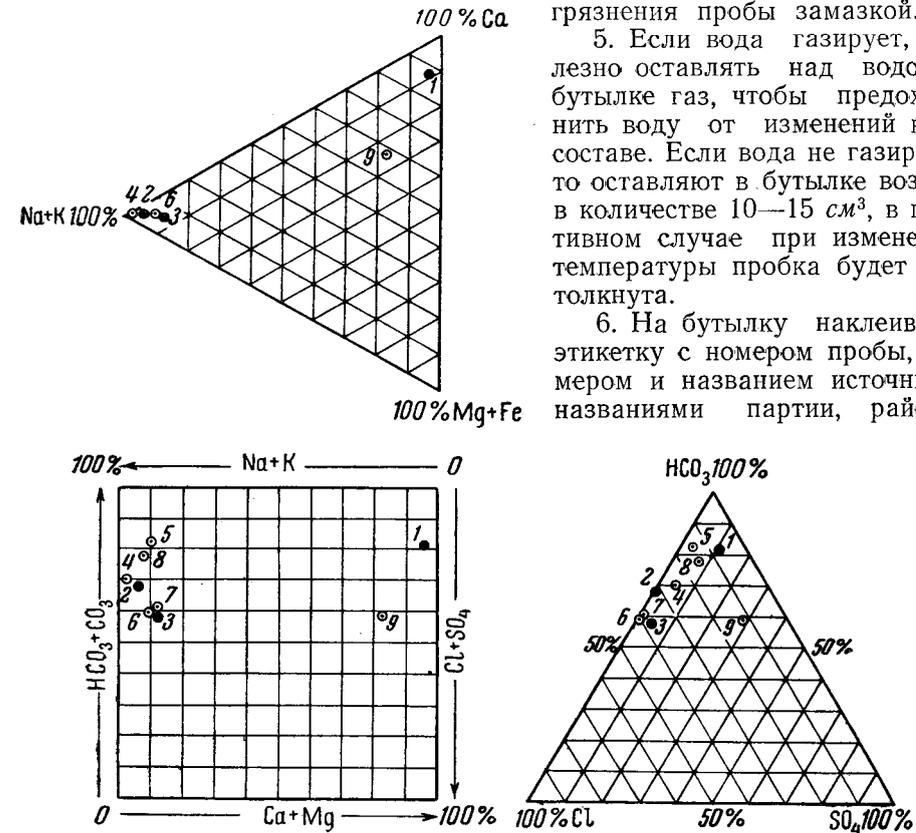


Рис. 154. Квадрат и треугольники для нанесения анализов воды

датой взятия пробы. Кроме того, к бутылке привязывают паспорт (приложение XII). В полевой книжке отмечают источник, из которого взята проба воды для анализа. Необходима тщательная и своевременная отправка проб.

7. При транспортировке в зимнее время бутылки следует обертывать войлоком, сеном, соломой, бумагой. Бутылки с водой хранятся и перевозятся в лежачем положении.

8. При взятии пробы определяются физические свойства воды, содержание свободной углекислоты.

9. При отборе проб для определения сероводорода, агрессивной углекислоты, железа и др. необходимо соблюдать специальные правила отбора и консервации проб воды.

При передаче пробы в центральную лабораторию сообщают результаты полевых исследований состава воды и указывают, какие компоненты, кроме обычных, должны быть определены в лаборатории. В зависимости от результатов полевых исследований перед лабораторией мо-

жет быть поставлен вопрос о дополнительных определениях тяжелых металлов (цинка, никеля, меди и др.), о спектральном анализе и т. п.

Анализы воды рекомендуется производить по единой стандартной форме (ионной, эквивалентной, процентной, см. приложение XIII). При обработке анализов воды можно воспользоваться графиком квадрат-треугольники (рис. 154), анализ газы — треугольником состава (рис. 155). Анализ воды и другие данные по опробованию сводятся в таблицу (приложения XIII и XIV).

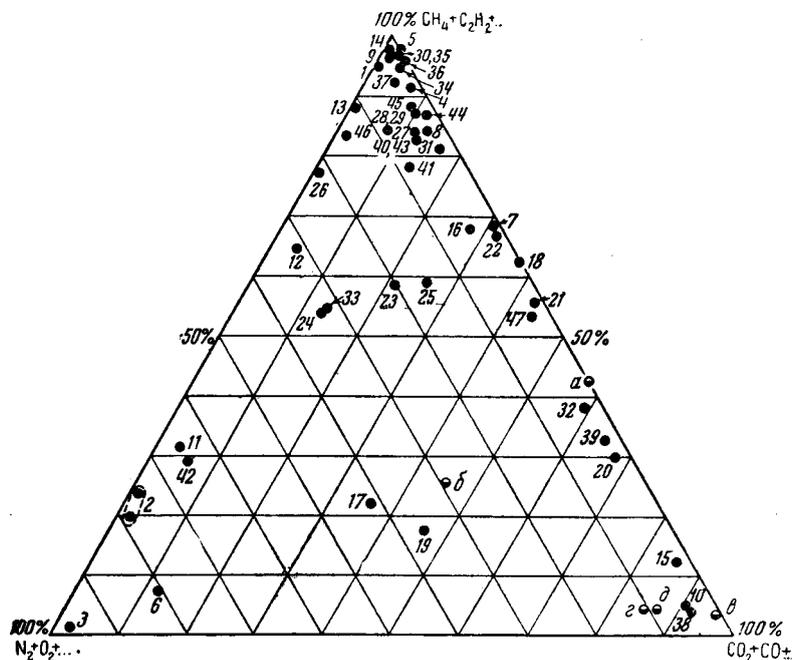


Рис. 155. Треугольник для нанесения анализов газа

**Радиоактивность источников.** Большое значение могут иметь полевые определения радиоактивности источников. В этом отношении различают воды: а) радоновые, содержащие только emanацию радия (радон); б) радиевые или радиеносные, содержащие радий и соответствующее количество emanации; в) радиево-радоновые воды, содержащие радий и emanацию в количестве промежуточное положение между двумя первыми. Радиоактивные источники имеют большое лечебное значение. Более ценны те из них, которые выносят в единицу времени наибольшее количество радиоактивных элементов, т. е. имеющие значительный дебит.

В качестве международной единицы измерения радиоактивности принят эман, составляющий  $10^{-10}$  кюри на литр. В прежних работах радиоактивность часто выражалась в единицах Махе (М. Е.); единица Махе равна  $3,64 \cdot 10^{-10}$  кюри на литр, или 3,64 эмана.

По радиоактивности, согласно Е. С. Бурксеру, источники разделяются следующим образом:

Очень сильно радиоактивные	Свыше 10 000 эман
Сильно радиоактивные	1000 — 10 000 "
Радиоактивные	100 — 1000 "
Слабо радиоактивные	10 — 100 "
Весьма слабо радиоактивные	Менее 10 "

Радиоактивная мощь источника  $Mr$  выражается произведением дебита источника  $Q$  (в л/сек) на величину его радиоактивности  $R$  (в эман):  $Mr = Q \cdot R$ .

Для изучения радиоактивности источников необходимо иметь соответствующую аппаратуру и инструкции. Определение радиоактивности производят на месте выхода подземной воды, сразу же после отбора пробы. При хранении пробы, а также при взбалтывании воды во время перевозки вследствие плохой закупорки и тому подобного происходит потеря emanации, поэтому цифры, полученные спустя несколько дней после взятия пробы, не будут выражать истинной радиоактивности источника. Кстати напомним, что период полураспада радона 3,825 дня. При изучении радиоактивности следует опробовать по возможности все выходы подземных вод в районе, а также отложения источников, не ограничиваясь выборочным определением радиоактивности отдельных источников.

Очень полезно производить повторные определения радиоактивности источника, сопровождая их определениями дебита источника. Изучение зависимости между дебитом источника и радиоактивностью может пролить свет на природу радиоактивности источника.

**Газы источников.** Различают газы, свободно выделяющиеся из воды в виде пузырьков (спонтанные) и растворенные в воде. Полевые наблюдения должны наметить все выходы спонтанных газов в источнике и поблизости от него. Выходы газов легко наблюдаются на относительно спокойной водной поверхности в головках источников, озерах, реках, лужах воды и т. п. Иногда выделения газов бывают настолько обильны, что могут быть обнаружены по характерному звуку. Некоторые газы довольно легко могут быть обнаружены и по другим характерным признакам: углекислота в ямах, шурфах, колодцах гасит свечку; метан и водород горят; сероводород имеет характерный запах.

При изучении газов следует: описать условия выходов газов — линейные, рассеянные на площади; зарисовать выходы, закартировать; измерить дебит отдельных газовых струй, их пульсацию, температуру; взять пробы газа из больших и малых струй для анализа, по 2—3 л из каждой струи. Состав газа больших и малых струй может оказаться различным.

Для отбора спонтанных газов из источников наиболее простой способ — улавливать их в плоскую жестяную воронку большого (до 50 см) диаметра (рис. 156), из которой газ переводится в бутылку. Взятая в бутылку проба газа должна отделяться от пробки слоем воды в 2—3 см. Пробка завязывается, заливается менделеевской замазкой или сургучом. Бутылки с пробками хранятся вверх дном. Количество газа 2—5 л. Анализ газы должны быть полными, с отдельным определением тяжелых и легких инертных газов, а также с определением тяжелых углеводородов, если газ метановый. Дебит газовых струй замеряется объемным способом — по скорости заполнения газом бутылки.

Наиболее часто в источниках встречаются следующие газы: азотные, метановые, углекислые и смешанные, радоновые, сероводородные.

**Минеральные отложения источников.** Сюда относятся охры, натёки, налеты, туфы, соли, грязи, которые изучают с количественной и качественной стороны и наносят на том же глазомерном плане, что и источник. Записывают условия их залегания, их форму, размеры, изменения в вертикальном разрезе и в плане. Ископаемые остатки фауны и флоры, встреченные в отложениях источников, должны быть тщательно собраны для последующего определения.

Изучение отложений источников может дать очень ценные указания для выяснения вопросов о происхождении источника, составе воды и ее изменениях; некоторые отложения источников имеют практическое значение (охры, туфы, грязи). По возвращении с полевых работ пробы

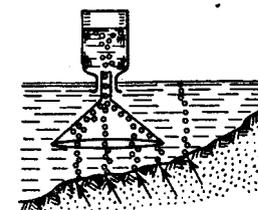


Рис. 156. Способ улавливания газа

отложений источников передаются на анализ в лабораторию; необходимо также изучение их радиоактивности.

**Искусственные выходы подземных вод.** Для более глубокого понимания гидрогеологических условий района при геологической съемке изучению подвергаются также все искусственные выходы подземных вод: в колодцах, копанях, ямах, канавах, шурфах, штольнях, шахтах, скважинах и т. п. Условными знаками все искусственные выходы подземных вод наносятся на карту. Описываются их местоположение, отношение к элементам рельефа, геологический разрез, выясняется отметка устья. Определяется глубина от поверхности земли до дна, до уровня воды. Путем опроса, а если представится возможность, и личными наблюдениями устанавливаются: характер водоносного горизонта или трещины (жила) и глубина, на которой вскрыта вода; дебит выработки в зависимости от выпадения осадков и времени года; качество воды в зависимости от сезонных явлений; характер крепления и размеры выработки, время заложения. При изучении буровых скважин наряду со всем вышеизложенным обращается особенно большое внимание на геологический разрез скважины, количество, глубину залегания и характер вскрытых водоносных горизонтов. Определяются, кроме того, высота подъема воды над вскрытым водоносным горизонтом и глубина стояния уровня воды в скважине от устья (поверхности земли), горизонты, из которых извлекается вода, производительность скважины, качество воды отдельных горизонтов, а также извлекаемой воды из нескольких горизонтов, конструкция скважины (начальный, конечный диаметры труб, длина труб каждого диаметра, фильтры, их местоположение, способы извлечения воды и т. д.).

Для некоторых районов вопросы водного хозяйства имеют особенно важное значение. Геолог должен в районах, остро нуждающихся в хорошей питьевой воде, ознакомиться с существующими условиями водоснабжения и обратить внимание на выявление новых источников водоснабжения.

**Поверхностные воды.** Попутно с изучением подземных вод производятся самые общие наблюдения и за поверхностными водами — реками, озерами, прудами. Эти наблюдения должны установить характер связи поверхностных и подземных вод, выявить условия поверхностного и подземного стока, наметить места перехода поверхностного стока в подземный и обратно — выходы подземных вод на поверхность, участки питания поверхностных вод подземными. Все эти наблюдения тесно увязываются с геологическими, геоморфологическими и климатическими. Выясняются также происхождение заболоченности, связь ее с поверхностными и подземными водами.

При изучении и описании искусственных и естественных водоемов указываются их название, размеры, режим, размеры и характер водосборной поверхности. В описании прудов и водохранилищ приводятся сведения о плотине. У ручьев и небольших рек особенно большое внимание должно привлекать изменение расхода воды по течению и зимой.

**Работа подземных вод.** Гидрогеологические наблюдения охватывают не только естественные и искусственные выходы подземных вод, но и проявления их деятельности — карстовые, оползневые, суффозионные и др.

В районах распространения многолетней мерзлоты проводятся дополнительные наблюдения за наледями, гидролакколитами, полыньями. При этом необходимо не только описать их форму, размеры и т. п., но также выяснить связь этих явлений с подземными водами. Если в районе съемки ведутся разведочные работы или имеются рудники, то определяется мощность деятельного слоя в разных условиях экспозиции склонов, состава и строения слагающих их пород. Определяется мощность мерзлой зоны в зависимости от геологического строения, гидрогеологиче-

ских условий, элементов рельефа и их экспозиции. Измеряется температура мерзлой зоны. Описываются строение, текстура и структура ледяных пород, ископаемых льдов. Особенно большое внимание следует обратить на формы залегания и происхождение ископаемых льдов. Выясняется также характер мерзлой зоны (сплошная, с островами таликов, островная). Одновременно изучаются надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные воды, их качество и количество, формы связи с поверхностными водами, рельефом, геологическим строением и мерзлотой. Описываются источники.

**Другие наблюдения.** При производстве указанных выше гидрогеологических наблюдений необходимо обращать внимание на следующее:

1. Степень трещиноватости различных пород и характер трещин (открытые, заполненные, каким материалом заполнены), ширину и длину трещин, их падение и простирание, отношение трещин к плоскостям напластования.

2. Ноздреватость и пещеристость (кавернозность) пород (подробно описать и зарисовать пещеры и пустоты, с указанием ориентировки, связи с трещинами, размеров, положения над современным базисом эрозии).

3. Включения в породах, их размеры, распределение, степень литологического постоянства стратиграфических горизонтов.

4. Наличие известковых, кремнистых туфов, железистых образований.

5. Наличие в породах легко растворимых в воде минералов — гипса, соли и т. п.

6. Влажность пород, цветные разводы, выплеты солей, выпоты.

7. Характер четвертичного покрова, его мощность и состав, значение его в питании атмосферными осадками коренных пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Васильевский М. М. и Бутов П. И. Материалы по методике составления гидрогеологических карт. ОНТИ, 1937.
- Васильевский М. М., Желтов П. И. и Погребов Н. Ф. Методика общего гидрогеологического картирования. ГОНТИ, 1939.
- Зайцев И. К. Методика составления сводных гидрогеологических карт. Госгеол-издат, 1945.
- Каменский Г. Н. Гидрогеологические исследования и разведка источников водоснабжения. Госгеол-издат, 1947.
- Ланге О. К. О методике составления гидрогеологических карт. Ташкент, 1939.
- Ланге О. К. Основы гидрогеологии. МГУ, 1950.
- Николаев Н. И. Изучение работы подземных вод. Справочник путешественника и краеведа, т. II, Географгиз, 1950.
- Овчинников А. М. Общая гидрогеология. Госгеол-издат, 1949.
- Силин-Бекчурин А. И. Специальная гидрогеология. Госгеол-издат, 1951.
- Толстихин Н. И. Изучение минеральных источников. Справочник путешественника и краеведа, т. II, Географгиз, 1950.
- Формы документации гидрохимического анализа. Разработаны И. Ю. Соколовым. Госгеол-издат, 1951.

## ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 1. ПРИВЕДЕНИЕ В ПОРЯДОК КОЛЛЕКЦИИ

Немедленно после возвращения с поля коллекции распаковываются и разбираются. Образцы, этикетки которых утеряны или стерты, в каталог не вносятся и уничтожаются. Разработка коллекций заключается в раскладке образцов по порядку их номеров и сличении образца с записью в полевой книжке. Одновременно образцы нумеруются и этикетировываются. Номер образца и номер коллекции необходимо писать тушью на прямоугольной площадке, сделанной на образце светлой эмалевой краской. Образцы укладываются в плоские картонные коробки. Укладывать образцы непосредственно на лотки не следует ввиду возможной путаницы.

После разборки коллекции составляется каталог образцов, где ставится порядковый номер образца, номер обнажения, указывается место взятия образца, делается отметка об изготовлении шлифа или пришлифовки, приводится определение пород (полевое и исправленное после камеральной обработки) и возраста слоя или породы.

После составления каталога выделяется часть коллекций, подлежащая специальному изучению.

В конце камеральной обработки коллекция разделяется на три части: 1) основную, подлежащую передаче в музей или, если его нет, в хранилище и предназначенную иллюстрировать район исследований; 2) дублированный материал, сохраняемый как обменный фонд; 3) часть, подлежащая дальнейшей монографической обработке. Сдаваемая в музей часть коллекции должна быть обработана и подобрана согласно требованиям «Инструкции по учету и хранению коллекционных материалов», т. е. каталогизирована, пронумерована и снабжена этикетками с окончательным определением. Остальной материал, не вошедший ни в одну из перечисленных частей, уничтожается.

Все коллекции, собранные геологом во время летних полевых работ, должны быть в течение ближайшего камерального периода полностью обработаны: все горные породы, минералы, органические остатки должны получить научное определение, часть пород должна быть проанализирована химически и спектрографически, все шлихи должны быть определены минералогически.

### 2. ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ШЛИФОВ, ПРИШЛИФОВОК И ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

**Шлифы для микроскопического исследования.** Геолог еще в поле должен озаботиться своевременным изготовлением шлифов, для чего по мере накопления осколков для шлифов отсылать их небольшими партиями в шлифовальную мастерскую (почтовыми посылками). Перед отправкой осколков нужно внимательно оценивать собранный материал, отбрасывая лишнее, дополняя недостающее.

Геолог должен стремиться к экономии при выборе материала для шлифов, так как механический подход к этому делу приводит к ненужным затратам на изготовление шлифов и оплату их микроскопического изучения.

Задачей петрографического очерка в геологическом отчете является не монографическое описание горных пород, а точная характеристика тех образований, которые геологом изучаются, и тех процессов (седиментация, метаморфизм, вулканизм и др.), благодаря которым эти образования возникли.

Образцы, наиболее интересные для характеристики возрастных отношений магматических пород (из жил с зальбандами и ксеноли-

## ГЛАВА XVI

### КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Обработка материалов геологической съемки и поисков должна в существенной своей части производиться в поле. По мере накопления полевых наблюдений необходимо вести постепенное обобщение их, создавая геологическую карту района, геологические и стратиграфические разрезы. Без обработки и обобщения непосредственно в поле полевые наблюдения теряют целеустремленность, а геологическая съемка сводится к механическому набору фактов.

Полевая обработка материалов существенно ускоряет геолого-съемочные работы, так как позволяет уже в процессе работ более обоснованно оценить поисковые признаки и геологические предпосылки нахождения в районе тех или других полезных ископаемых. В полевых партиях должны проводиться поэтому вся обработка шлихового материала, определение минералов, предварительное определение палеонтологического и петрографического материала, для чего полевые партии должны быть оснащены надлежащим оборудованием.

Камеральная обработка материалов производится по плану, представляемому каждым начальником партии и утверждаемому руководителем учреждения, в котором сосредоточены работы по геологической съемке. Порядок обработки в основном сводится к следующему.

После возвращения с полевых работ пишется краткий полевой отчет и разбираются коллекции. Далее выполняются химические и другие анализы, окончательно определяется петрографический и палеонтологический материал, а также уточняются полевая геологическая карта, геологические профили, другие графические приложения. Наконец, составляется описание фактического материала<sup>1</sup> и пишется основной отчет.

Геолог-съемщик должен быть специалистом в какой-либо из геологических дисциплин (петрографии, палеонтологии). При этом съемщик-палеонтолог может быть освобожден от обработки петрографического материала, хотя изучение осадочных пород крайне важно производить ему самому. Петрограф-съемщик, занятый определением и описанием петрографических шлифов, освобождается от обработки палеонтологической части коллекции, но он должен ознакомиться с основным материалом, который служит опорой для стратиграфических выводов.

Консультация во время камеральной обработки обязательна для всех партий, возглавляемых молодыми работниками. Необходимо обеспечить консультацию по всем главным вопросам: стратиграфии, петрографии, палеонтологии, тектонике и полезным ископаемым района.

<sup>1</sup> Во время полевых работ при переписке дневников некоторые геологи описание каждого обнажения заносят на отдельную карточку, что облегчает составление отчета и сводок.

тами, интрузивных и тектонических контактов, коры выветривания и т. д.), во многих случаях полезно пришлифовать в одном или нескольких разрезах. Структура и генезис многих образований становятся более ясными на таких пришлифованных поверхностях.

**Химические анализы.** Необходимо отобрать только действительно нужные и ценные образцы для химического анализа, с учетом уже имеющегося материала по району. Полные химические анализы необходимы только для специальной работы петрографического порядка, а также для сводных работ по химизму магматических провинций. Анализировать следует различные по возрасту породы (древние и молодые лавы, древние и молодые граниты). В некоторых случаях (лавы щелочного ряда, гипабиссальные щелочные породы третичного возраста, стекловатые лавы, жильные породы более древних эпох) уже единичные анализы могут показать характерные отличия в химическом составе магматических продуктов данного возраста, но большей частью они могут служить лишь материалом для дальнейших сводных и специальных работ, не давая возможности делать общие выводы о различиях и сходстве разновозрастных интрузий или эффузий.

Иногда все же приходится прибегать к массовому производству хотя бы неполных химических анализов горных пород. Например, при расчленении молодых стекловатых лав определение кремнекислоты часто становится необходимым.

Исключительно редкие и интересные сами по себе образцы магматических пород, впервые открываемых в районе, или таких, развитие которых не предполагалось для данной области (например, ультраосновные породы типа перидотитов или дунитов), должны учитываться при отборе пород для химического анализа.

Полные (силикатные) анализы осадочных пород стоят дорого и дают мало материала для решения вопросов стратиграфии и генезиса отложений. Поэтому рекомендуется производить такие анализы лишь в случаях, когда имеется порода, которая может оказаться полезным ископаемым, или когда это требуется по соображениям технологии. Вместо полных анализов во всех остальных случаях можно ограничиваться определением только тех компонентов, которые почему-либо интересны исследователю.

Необходимо обеспечить надлежащую документацию и хранение анализируемого материала. Каждый образец должен быть до сдачи на химический анализ детально изучен микроскопически. В отчете, приводя данные химического анализа, геолог обязан указать не только номер, но и точное место взятия образца, геологические условия и дать подробное микроскопическое описание. После анализа образец, сопровождаемый точным петрографическим описанием шлифов и данными анализа, передается в музей или петрографический кабинет для специального хранения.

Очень важное значение, в большинстве случаев более важное, чем единичные анализы пород, имеют анализы породообразующих минералов. Образцы этих минералов должны быть свежими (невыветрелыми), а для магматических пород по возможности не измененными гидротермально. Анализируемые минералы должны быть, кроме того, точно изучены оптически. Как правило, следует для них давать главные коэффициенты преломления, двупреломления, угол оптических осей и ориентировку оптической индикатрисы.

Особую группу составляют химические анализы взятых проб полезных ископаемых и вод. Пробы полезных ископаемых (штуфные образцы рудных жил, кварцевых пород, вторичных кварцитов, скарнов, а также пород с рудной вкрапленностью) или таких пород, в которых присутствие полезного ископаемого можно подозревать, подлежат полному спектральному анализу и в случае положительных результатов этого анализа проверяются обычным химическим путем на те элементы, которые могут

представлять практическую или научную ценность. То же относится и к анализу вод.

Выводы геолога о перспективах рудопроявлений, выявленных при геологической съемке и поисках, обязательно должны опираться на данные химических анализов, характеризующих процентное содержание полезного компонента в рудах или породах.

Общее количество производимых анализов, их список, количество и номенклатура определений устанавливаются в начале камеральной обработки.

**Минералогические анализы.** Производятся главным образом для осадочных рыхлых пород и шлиховых проб. В осадочных породах минералогическому анализу обычно подвергают тяжелые минералы и нерастворимые в HCl остатки. Такой минералогический анализ часто дает хорошие опознавательные признаки для литологической характеристики пород (например, метод нерастворимых остатков — для сплошных известняковых массивов).

Минералогический и химический анализы — основные методы обработки шлиха. Анализу должны быть подвергнуты все собранные партией шлихи. Результаты изучения шлихов должны быть приведены в основном отчете даже в тех случаях, когда в шлихах не найдено минералов, интересных в практическом или научном отношении.

### 3. ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ШЛИФОВ

При обработке шлифов следует придерживаться карточной системы и вести описание по определенному плану. Каждый шлиф должен сопровождаться карточкой размером  $20 \times 14$  см. На карточке обязательны следующие пометки: номер образца (шлифа), номер коллекции, год сбора коллекции, район работ, фамилия и инициалы геолога (а также фамилия петрографа, если определение шлифов ведется специалистом-петрографом). Остальные данные — макроскопическое описание, форма залегания, минералогический состав, текстура, название породы — часто бывает трудно уложить в жесткие рамки предлагаемой карточки. Если геолог не сам обрабатывает коллекцию шлифов, он должен одновременно с передачей шлифов сдать петрографу заполненную карточку.

Как правило, при просмотре шлифов под микроскопом следует держать перед собой на столе соответствующие образцы горных пород. Это очень важно, так как сопоставление макроскопического вида пород с тем, что наблюдается под микроскопом, помогает исправить грубые ошибки в определении характера породы и дает возможность геологу связать новые наблюдения с тем, что он видел в поле.

Степень детальности описания шлифов весьма различна. Как минимум, описание должно содержать все данные, необходимые для составления сводного петрографического очерка: название породы, характеристику ее структуры, минералогического состава с разделением на минералы главные, второстепенные, акцессорные и вторичные. Нужно иметь в виду, что далеко не всегда порода может быть отнесена в определенную рубрику петрографической систематики, и в этом случае приходится давать описательное ее название. В работах опытных петрографов такие определения встречаются даже чаще, чем у малоопытных.

Для полнокристаллических интрузивных пород следует указывать размер зерна, тип структуры и порядок идиоморфизма, замещение одних минералов другими. Во многих случаях, например при детальном расчленении гранитоидов, в описании пород, связанных постепенными взаимными переходами, становятся необходимыми систематические данные о количественных соотношениях главных минералов и о составе плагиоклазов. Во всех случаях очень существенно указывать особые явления, позволяющие разобраться в генезисе породы и отдельных ее составных

частей. Такие шлифы при массовом определении следует выделять и подвергать особенно детальному исследованию. Нередко в этом случае приходится даже изготавливать дополнительные шлифы.

Для пород эффузивных отдельно перечисляются минералы фенокристаллов, основной массы и минералы, заполняющие миндалины и пустоты, а также указываются структурные особенности породы в целом: размер и число поколений фенокристаллов, количественные соотношения фенокристаллов и основной массы. При структурной характеристике последней не следует всегда стремиться подвести ее под один из общеизвестных типов структур, а необходимо указывать на ее индивидуальные особенности. В частности, в петрографической номенклатуре, принятой в руководствах, особенно мало внимания уделяется структурам расстеклования.

В туфах отмечаются их структура, состав, размер и структура обломков, однородность или неоднородность состава обломочной части: являются ли различные обломки скорее структурными разновидностями одной и той же породы или близких между собой по составу пород, или же принадлежат породам разного состава. Особо отмечаются наличие обломков пород не вулканического происхождения, способ цементации и состав цемента.

Отметим, что туфы описываются обычно поверхностно, а так называемые туфогенные породы нередко смешивают с полимиктовыми песчаниками и другими породами, в действительности не содержащими примеси синхроничного пирокристаллического материала. Между тем классификация типов вулканической деятельности производится в значительной мере по туфовым продуктам. Подбор соответствующего материала необходимо начать уже в поле.

При описании метаморфических пород особое внимание следует обращать на псевдоморфозы замещения и распада, идиобласты, различные реликтовые структуры, явления избирательного метасоматоза, механической деформации, привноса и выноса вещества. Для метаморфических и, особенно, метасоматических пород динамика преобразования является самой существенной особенностью, и формальное описание структуры с перечислением минерального состава далеко не всегда может удовлетворить геолога. Во многих случаях полезно прибегать к составлению простейших фазовых диаграмм. В особых случаях применяется структурный анализ ориентированных шлифов.

Для анализированных химически образцов обязательно приводить точные константы главных минералов и данные количественно-минералогических подсчетов. В остальных случаях, если не ставится специальных задач, точные количественные петрографические и кристаллооптические данные можно свести к минимуму. Чем подробнее расчленены изверженные породы, тем необходимее становятся количественные данные.

Сводный петрографический очерк по изверженным и метаморфическим породам должен по существу являться очерком геологии магматических и метаморфических процессов, происходивших в районе, с изложением необходимого фактического материала (этапы вулканизма, последовательность интрузий, формы интрузивных тел, взаимоотношения с вмещающими породами, механизм интрузии и излияния магмы, тектонические особенности интрузивных тел и процессы метаморфизма).

Осадочные породы изучаются: сцементированные, зернистые песчаники — в шлифах, несцементированные (пески) — под бинокуляром. При этом определяются: величина зерен и степень разнозернистости, их форма (не окатанные, полуокатанные, окатанные, наростные, корродированные), минеральный состав.

Для рыхлых разностей песчаных и алевролитовых пород иногда (при предполагаемом практическом использовании, а также выяснении генезиса, изучении фациальных изменений) необходим механический анализ.

Производство минералогического анализа, необходимого при углубленной проработке стратиграфических сопоставлений и генетических вопросов, всегда должно быть обусловлено особым заданием.

Все основные типы карбонатных пород обязательно просматриваются в шлифах, причем определяются невидимые для простого глаза детали строения пород: группы организмов, слагающие составные части породы, величина и окатанность их обломков, форма, внутреннее ядро, строение оболочек оолитов, форма и величина зерен, степень однородности, следы перекристаллизованного первичного материала; в зернистых карбонатных породах расположение и взаимоотношение крупных и мелких частей породы, наличие посторонних примесей с обязательным различием кластических и аутигенных минералов (кварц песчинок, кварц новообразований).

Карбонатные породы испытываются на доломитизацию путем окрашивания. Для наиболее важных типов желательно производство химических анализов, как минимум — определение нерастворимого остатка. Для разностей, отмеченных предположительно как мергели, это последнее определение обязательно. Минералогическое изучение некарбонатных минералов нужно лишь при специальных работах или для решения особых вопросов, в исключительных случаях.

Кремнистые породы также обязательно просматриваются в шлифах, причем определяются: наличие органических остатков, их типы и количественное соотношение типов; степень и характер перекристаллизации породы; состав основной массы, причем отмечается наличие кварца или волокнистых разностей  $\text{SiO}_2$ ; размеры зерен, в крупнозернистых разностях — форма зерен, в продуктах окремнения — характер замещения и текстур.

#### 4. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

**Предварительная разборка палеонтологического материала.** По прибытии палеонтологической коллекции производится разделение фауны и флоры по свитам или горизонтам, намечившимся при полевых работах, и по классам, причем составляется карточный каталог разобранной коллекции по номерам обнажений и по горизонтам. На каждой карточке указываются в заголовке: фамилия геолога, взявшего образец, район, планшет, местонахождение и номер обнажения, слой (буквенным индексом), предполагаемый возраст, стратиграфическое подразделение.

**Выделение частей коллекции, обработка которых необходима для составления отчета.** При составлении списков окаменелостей должны быть выделены те стратиграфические горизонты, которые могут быть установлены с полной определенностью.

Отбор палеонтологического материала производится с учетом относительного значения тех или иных групп животных или растений как руководящих ископаемых. Это значение устанавливается по уже имеющимся в литературе для данного района или смежного с ним палеонтологическим и стратиграфическим описаниям. Для правильного отбора материала и обработки его рекомендуется произвести предварительный просмотр всей коллекции совместно с лицами, знакомыми с данной или подобной ей фауной. В первую очередь определяются те группы органических остатков, которые являются руководящими для определения возраста.

**Определение палеонтологического материала.** Определение отобранной части палеонтологической коллекции производит начальник или геолог партии.

Перед определением вся выделенная часть под руководством или наблюдением соответствующего специалиста должна быть отпрепарирована и из нее изготовлены необходимые палеонтологические шлифы. Вначале производится предварительное определение материала по глав-

ным сводным палеонтологическим работам, в которых описывается соответствующая фауна (того же района или других районов и стран). Затем сделанные определения проверяются и дополняются по более специальным работам, а также путем непосредственного сравнения с соответствующими обработанными коллекциями, хранящимися в музеях или у других геологов. Консультация у специалистов необходима во всех стадиях работы.

Для геолога-стратиграфа обязательно определение той части фауны, которая включает хорошо изученные и широко распространенные формы. Определение фораминифер, мшанок, кораллов, археоциат, позвоночных и других групп, требующих особых методов обработки, не может быть обязательным для основного отчета и должно быть выполнено специалистом-палеонтологом.

Для передачи коллекции в обработку необходимо:

1. Еще с места полевых работ дать заявку на обработку материала, с указанием его объема, вероятного возраста и количества подлежащих обработке групп, и включить таким образом обработку в план палеонтологических работ учреждения.

2. Вместе с коллекцией должна быть передана достаточно подробная колонка разреза слагающих район толщ с привязкой к разрезу передаваемых образцов.

3. Все передаваемые для обработки образцы должны иметь четко написанные этикетки. Кроме того, необходимо снабдить коллекцию заготовленными формулярами или карточками для каждого обнажения и каждого слоя, где была собрана фауна, для вписывания определений.

В заголовке карточки должны быть записаны: фамилия геолога, производившего сбор, край, местность, предполагаемый возраст применительно к колонке, год сбора, номер обнажения, обозначение слоя.

4. Части коллекции, как подвергшиеся определению для основного отчета, так и оставшиеся неопределенными, в случае их особого научного интереса передаются для монографического изучения.

## ОБРАБОТКА ДНЕВНИКОВ, КАРТ И РАЗРЕЗОВ

### 1. ОБРАБОТКА ДНЕВНИКОВ

Полевые записи редактируются, уточняются и дополняются окончательными определениями пород с предельно краткой характеристикой результатов проведенных исследований (микроскопических, химических, спектральных и др.), а также снабжаются полным списком фауны и флоры с указанием возраста отложений.

В дополненном и отредактированном виде дневники подлежат перепечатке на машинке и прилагаются к отчету. Каждая серия маршрутов должна иметь общий заголовок, точно определяющий место их расположения. В начале дневника дается оглавление маршрутов с указанием страниц перепечатанного дневника. К дневнику прилагается карта точек наблюдений.

### 2. ОБРАБОТКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

В основном геологическая карта должна быть готова в конце полевого периода. В соответствии с результатами камеральной обработки уточняются петрографические названия выделенных на карте горных пород, а также возраст геологических образований. Если отчетная геологическая карта резко и по существу отличается от полевой, то она подлежит контрольной проверке в поле. Если геологическая съемка производилась на топооснове более крупного масштаба, то данные полевой карты после исправления должны быть точнейшим образом перенесены на утвержденную ГУГК топооснову того масштаба, в котором была задана съемка.

С полевой карты на окончательную не переносятся лишь пометки рабочего характера (точки наблюдений и т. д.). Топооснову, как правило, необходимо разгрузить от обозначений таких объектов, как леса, луга, пашни, болота, а также мелких населенных пунктов и лишние надписей, но необходимо сохранить названия, упоминаемые в отчете. Допускается одноцветное выполнение всех топографических контуров (горизонталей, рек, дорог).

Масштаб показывают внизу, линейный и числовой. В заголовке карты (сверху) указываются: район; если съемка полистная, то ставятся индекс листа по международной разграфке и главнейшее географическое название (как название листа); имя составителя, год составления. Если использованы чужие материалы, это также обязательно указывается. Каждый лист геологической карты сопровождается легендой, а также одним или несколькими разрезами, помещаемыми на полях карты.

В зависимости от масштаба карты и детальности стратиграфического разреза вырабатывается легенда для геологической карты. Легенда составляется по возрастному принципу для пород осадочных и эффузивных и по петрографическому — для интрузивных. Если возможно, то в легенду интрузивных пород и тектонических разрывов вводится возрастная признак.

На карте особо оттеняются геологические образования, охарактеризованные присутствием полезных ископаемых, а также имеющие значение для поисковых целей или важные для характеристики структуры района. Если соответствующие подразделения не могут быть выражены в масштабе карты, они показываются в преувеличенном виде.

Каждое стратиграфическое подразделение обозначается на карте особым цветом. Все подразделения, принадлежащие к одной геологической системе, имеют одну основную окраску, соответствующую стандарту, причем более древние отложения обозначаются более темным оттенком по сравнению с вышележащими. Кроме особой окраски, каждое стратиграфическое подразделение получает на карте буквенный или буквенно-цифровой индекс, для которого принимаются заглавные и строчные буквы латинского шрифта и арабские цифры.

Введение названий новых свит допускается при условии, если последние описаны достаточно полно, если обосновано их своеобразие и отличие от ранее известных свит, а также если они могут быть прослежены на достаточно большой площади.

Эффузивные породы и их туфы выделяются на карте особыми крапами, накладываемыми на цвет, соответствующий их геологическому возрасту. Исключение допускается лишь для кайнозойских эффузивов, в том случае, если они образуют особые геологические структуры, значение которых необходимо особенно подчеркнуть на карте; в этом случае они показываются без крапа особым цветом, выделяющим площадь их распространения среди осадочных толщ. Если возможно, рекомендуется на карте отмечать центры и трещины излияний.

Интрузивные породы показываются различными красками ярких тонов, выделяющих площади их распространения среди осадочных пород. Цвет присваивается определенной группе интрузивных пород. Разновидности пород отличаются крапами и цифровыми индексами. Более древние интрузии красятся более светлыми оттенками по сравнению с молодыми. Вокруг интрузий точечным пунктиром обводится ореол контактовых изменений.

Во всех случаях, когда это возможно, следует обозначать интрузии возрастным индексом, который ставится впереди индекса породы. Возрастной индекс рекомендуется составлять путем приставки к возрастному символу (P, T, J, Cg и т. д.) строчных латинских букв: «а» (ante — до) и «р» (post — после), например: aJ $\gamma$  — доюрский гранит, pCg $\gamma$  — посленижнемеловой гранит. При этом возраст интрузий:

рекомендуется давать в геохронологическом порядке, а не связывать с диастрофическими циклами (герцинским, альпийским и т. д.).

Жильные породы показывают линиями цветов соответствующих интрузивных пород, не сопровождая эти линии какими-либо индексами.

Генезис отложений обычно указывается только в легенде при описании соответствующих стратиграфических подразделений, выделенных на карте. В нужном случае для угленосных отложений, флиша и т. д. генезис пород отмечается в индексах при помощи буквенных обозначений, которые помещаются впереди возрастного индекса, например:  $hC_1^2$  — визейские угленосные отложения. Генезис четвертичных отложений должен быть обозначен обязательно индексами: *al* — речные, *gl* — ледниковые, *fgl* — флювиогляциальные, *eo* — эоловые, *lc* — озерные отложения и др.

Значение индексов, примененных для генезиса, должно быть ясно из легенды. Для смешанных пород ставится индекс, обозначающий генезис преобладающего в разрезе типа отложений. В некоторых случаях допустим составной индекс, например: *al-lc* — речные и озерные отложения.

Поисковые признаки полезных ископаемых должны быть показаны на специальных восковках, накладываемых на геологическую карту, или на особой карте. Должны быть изображены все установленные геологом признаки, контролирующие оруденение:

- 1) магматические — интрузии, обусловившие оруденение, места обнаружения кварцевых жил, пегматитов и вторичных кварцитов;
- 2) литологические — зоны контактовых изменений, особенно известняков (скарны), гидротермальные изменения (каолинизация, хлоритизация, серицитизация и т. п.);
- 3) структурные — благоприятные для оруденения структуры (антиклинали, купола), разрывы, зоны смятий;
- 4) стратиграфические — свиты и ярусы, охарактеризованные наличием в них полезных ископаемых.

Различными знаками на карте показываются все месторождения, а также все прямые признаки, указывающие на наличие полезных ископаемых: рудопроявления, обнаружение ценных минералов в шлихах, железные шляпы, наличие битумов, выходы газов, углистой сажи и т. д., старые разработки, все термальные или минеральные источники, равно как и пресные источники с большим дебитом.

При показе на карте выходов источников следует вообще сообразоваться с особенностями данного района: в пустынных районах, например, необходимо отметить выходы даже малых источников.

Особыми знаками показываются горные выработки: карьеры, шахты, штольни, буровые скважины, вскрывшие полезные ископаемые, и т. д.

Кроме геологической карты, к отчету должна быть приложена карта фактического материала, являющаяся неотъемлемой частью отчета. Последняя карта составляется либо в масштабе отчетной геологической карты, либо в более крупном, а именно в том, в каком производились полевые исследования. На нее наносятся все зарегистрированные обнажения, горные выработки, буровые скважины, места взятия проб и линии маршротов.

### 3. СОСТАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Геологические разрезы должны пересекать карту вкрест простирания структур и захватывать наиболее типичные, тектонически сложные и практически важные места карты. В местах, где простирание структур изменяется, линия разреза может ломаться. При весьма сложных структурах невозможно все время сохранять эту линию перпендикулярной к простиранию. Приходится в таких случаях проводить разрез перпендикулярно к господствующему простиранию.

При несогласном залегании и различном простирании налегающих и подстилающих отложений разрез проводится вкрест простирания этих отложений, структуру которых желательно выявить разрезом.

Если линия разреза пересекает геологические структуры под острым углом к их простиранию, то по этой линии строят разрез с пересчетом углов падения на меньшие, пользуясь соответствующими таблицами и диаграммами.

Профиль, на котором изображается геологический разрез, строится по горизонталям карты или другим гипсометрическим данным, причем вертикальный и горизонтальный масштабы должны быть одинаковыми. Преувеличение вертикального масштаба допустимо только для отложений, залегающих горизонтально.

Построение разрезов по замеренным углам падения делается в том предположении, что происходит постепенное изменение падения от одного измерения до другого. Самый процесс составления геологического разреза может быть иллюстрирован следующим примером (рис. 157).

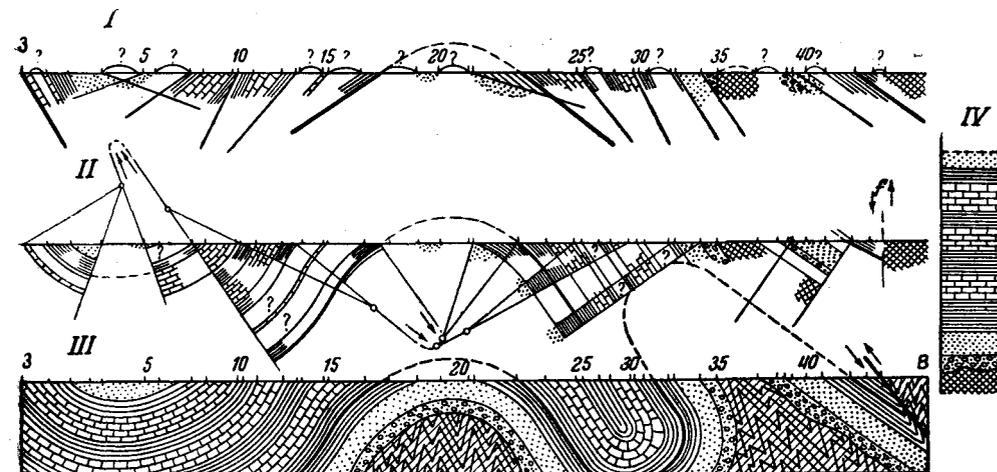


Рис. 157. Построение геологического разреза. По В. Н. Веберу

I — нанесение на профиль геологических данных по обнажениям (наносы ввиду отсутствия данных показаны дугой со знаком ?); II — построение разреза; III — окончательно составленный разрез; IV — колонка

Составлять разрезы необходимо строго сообразуясь с данными геологической карты, учитывая погружения и поднятия шарниров складок, изображая воздушные (размытые) и невидимые (глубоко скрытые) изгибы слоев в соответствии с их изгибанием в плане (на геологической карте). Необходимо также следить, чтобы мощность свит, полученных на разрезе, не противоречила мощностям на колонке.

Применяя геометрические способы построения разреза, необходимо принять во внимание, что принцип сохранения мощностей при складчатых структурах не всегда выдерживается. Поэтому при построениях необходим анализ получающихся неувязок, чтобы отнести их или за счет неточного замера падения пластов, или за счет деформаций, недоучтенных при составлении разреза.

Линии геологических разрезов обязательно должны быть показаны на карте и отмечены заглавными буквами русского алфавита как на концах разреза, так и в точках перелома. Разрез должен располагаться так, чтобы справа был либо север (для меридиональных или почти меридиональных направлений), либо восток (для широтных или почти широтных). Пунктиром вверх от профиля выносятся названия пересекаемых им рек, главных населенных пунктов или вершин гор. Сбоку

ставится линейка высот в метрах от нуля (уровня моря). На разрезах черной штриховкой показывается литологический состав, а красками — возраст. Число геологических разрезов колеблется от одного (для районов простого геологического строения) до 3—5 (для сложных районов).

#### 4. СОСТАВЛЕНИЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ

Стратиграфический разрез (рис. 158) вычерчивается в масштабе (определяемом в зависимости от мощности свит), в виде вертикальной колонки, в которой каждая свита, выделенная на геологической карте, отделяется от соседней свиты горизонтальной чертой.

Период	Отдел	Свита или ярус	Индекс	Колонка	Мощность	Характер пород
Мел	Нижний	Центурская	С <sub>1</sub> с		550	Красные сланцы с наклонистыми бурыми и красными песчаниками
		Муральская	С <sub>1</sub> м		200	Толстослойные крепкие известняки, вверху окаменелости (Ostrea)
		Мавитская	С <sub>1</sub> м		550 600	Бурые и красные песчаники и темные красные сланцы с случайными пропластками известняка и кровли
		Гланская	С <sub>1</sub> г		760	Слоистые конгломераты, галька главным образом сланцевая и известняковая
Кавказ	Нижний	Визейский	С <sub>1</sub>		900	Интрузии гранита и гранит-порофиды Преимущественно светлые и платные известняки
		Турнейский	С <sub>1</sub>		200	Тонкослойные белые и серые известняки с S <sub>1</sub> гоидея
		Фарменский	Д <sub>1</sub>		100	Темносерые известняки с S <sub>1</sub> гура гелициды
		Абриаская	С <sub>1</sub> м <sup>2</sup>		235	Тонкослойные кремнистые известняки
Давос	Верхний	Болская	С <sub>1</sub> м <sup>1</sup>		130	Наслоистые известняки с базальными конгломератами
Нембр	Средний	Анская	А		?	Серпичатые сланцы
Донецкий						

Рис. 158. Образец стратиграфической колонки

бания мощностей даются их пределы, а высота данной части колонки вычерчивается по средней мощности этой свиты. Стратиграфические перерывы показываются волнистой линией, угловые несогласия — зигзагообразной (угловатой).

Соотношения интрузивных пород с осадочными также рекомендуется показывать на стратиграфической колонке. При этом пластообразные интрузивные залежи, характерные для некоторых стратиграфических подразделений, прямо можно внести в колонку, показывая схематически взаимоотношения их с осадочными породами и между собой, однако это при большом количестве интрузий неудобно.

Рекомендуется более простой способ графического показа взаимоотношений интрузий с вмещающими породами, заключающийся в следую-

щим. Слева от стратиграфической колонки, где даны подразделения времени, от ее основания проводятся вверх прямые линии, вдоль которых надписывается название соответствующей интрузивной породы. Линия сверху заканчивается стрелкой на уровне, выше которого интрузия не проникает. Если есть данные о верхнем пределе интрузии, его можно показать короткой горизонтальной чертой.

Мощности свит представляются также справа у нижней границы свиты. В случае колебания мощностей даются их пределы, а высота данной части колонки вычерчивается по средней мощности этой свиты. Стратиграфические перерывы показываются волнистой линией, угловые несогласия — зигзагообразной (угловатой).

Соотношения интрузивных пород с осадочными также рекомендуется показывать на стратиграфической колонке. При этом пластообразные интрузивные залежи, характерные для некоторых стратиграфических подразделений, прямо можно внести в колонку, показывая схематически взаимоотношения их с осадочными породами и между собой, однако это при большом количестве интрузий неудобно.

Рекомендуется более простой способ графического показа взаимоотношений интрузий с вмещающими породами, заключающийся в следую-

щим. Слева от стратиграфической колонки, где даны подразделения времени, от ее основания проводятся вверх прямые линии, вдоль которых надписывается название соответствующей интрузивной породы. Линия сверху заканчивается стрелкой на уровне, выше которого интрузия не проникает. Если есть данные о верхнем пределе интрузии, его можно показать короткой горизонтальной чертой.

#### 5. СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТНОЙ ГРАФИКИ

Различные графические изображения очень облегчают и ускоряют усвоение работы, а в некоторых случаях их не могут заменить никакие пространные описания. Поэтому иллюстрации всегда очень желательны. Наибольшим распространением пользуются следующие виды графики.

##### 1. Блок-диаграммы.

Правильными являются те блок-диаграммы, у которых параллельны лишь вертикальные грани, а чаще применяются такие, у которых передняя стенка прямоугольна. Блок-диаграммы дают два вертикальных сечения и верхнюю поверхность. До некоторой степени они могут быть заменены картой и двумя геологическими разрезами. Но диаграммы нагляднее, и поэтому весьма желательно применять их для изображения сложных взаимоотношений пород (рис. 159). При этом надо иметь в виду, что можно взять любую форму блока: можно вырезать в любом месте клинья, разрезать глыбу на несколько частей, которые можно раздвинуть или повернуть.

Правильное перспективное изображение параллелепипедального блока показано на рис. 160, IV, где параллельны только вертикальные грани. На блок-диаграммах II и III параллельны противоположные стороны верхних поверхностей.

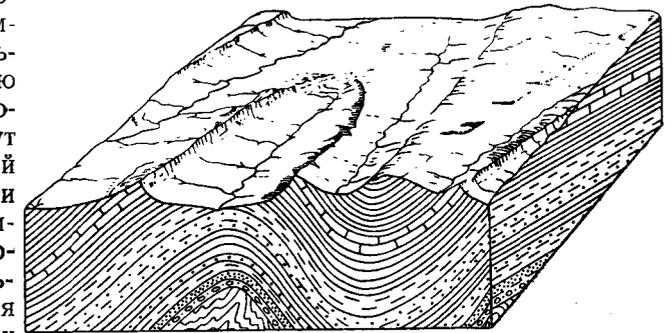
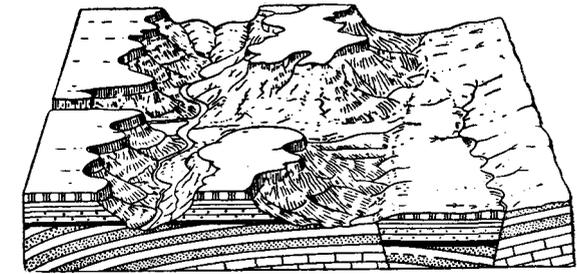


Рис. 159. Образец блок-диаграммы

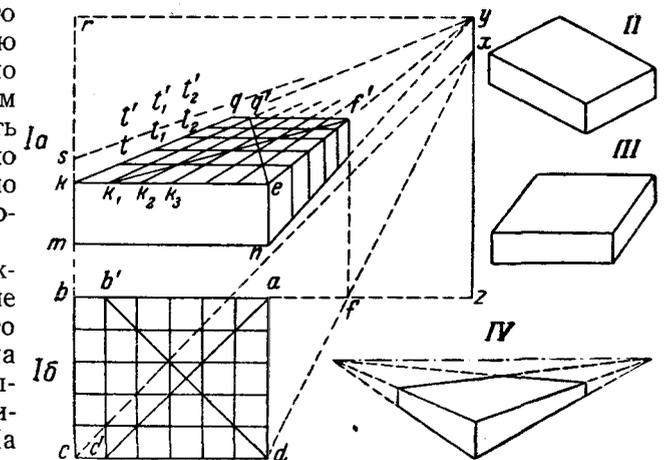


Рис. 160. Построение блок-диаграммы

Наиболее употребительна проекция, изображенная на рис. 160, I, где передняя стенка обращена к зрителю. Согласно В. Н. Веберу, для построения диаграммы, верхняя поверхность которой  $Ib$  имеет площадь  $6 \times 5$  (каких-либо единиц меры), выбираем произвольно точку зрения  $x$ , находящуюся на расстоянии  $az$  вбок от блок-диаграммы и  $zx$  впереди ее передней стенки, а высота точки зрения над верхней поверхностью блока будет  $kr$ . Выбрав точки  $x$  и  $y$  на одном перпендикуляре к линии  $ab$ , соединяем точку  $c$  (или  $d$ ) с точкой  $x$ ; получим точку пересечения с линией  $az$  в точке  $f$ . Соединив точки  $k$  и  $l$  с  $y$  и восстановив перпендикуляр к  $az$  в точке  $f$ , получим в пересечении с  $ly$  точку  $f'$ , а проведя через последнюю линию  $qf'$ , параллельную  $kl$ , получим заднюю грань блок-диаграммы и боковые грани  $kg$  и  $lf'$ .

Чтобы изобразить поверхность  $Ib$  в перспективе (на блок-диаграмме  $Ia$ ), сечем квадрат  $b'c'da$  диагоналями (или одной диагональю), которым в перспективе будут соответствовать диагонали  $k'f'$  и  $g'l$ . Отложив точки  $k^1, k^2, k^3$  и соединив их с точкой  $y$ , на пересечениях этих линий с диагональю  $g'l$  (и  $kf$ ) проведем линии, параллельные  $kl$ , и получим искомого сетку в перспективе. Если мы желаем найти высоты на блок-диаграмме, то, отложив отрезок  $ks$ , равный определенной мере высоты, соединяем точку  $s$  с  $y$ , а вертикальные линии  $tt', t_1t_1', t_2t_2'$  и т. д. дадут величину высоты по соответствующим линиям.

Блок-диаграммы можно делать любой формы, самим блокам можно придать любую форму, лишь бы она удовлетворяла своему назначению — показать строение в трех измерениях на одном чертеже. Часто при построении блок-диаграммы не соблюдают правил перспективы, диаграммы типа I делают на-глаз или применяют еще менее правильные диаграммы типа II или III, преследуя лишь наглядность схемы.

2. **Рисунки** — зарисовки форм рельефа, характера складок, разрывов и других взаимоотношений пород.

3. **Карты** — как в более крупном масштабе для детализации геологического строения месторождения полезных ископаемых, участков сложной тектоники, так и в мелком масштабе в виде разнообразных карт-схем, иллюстрирующих различные тектонические, палеогеографические и прочие построения.

4. **Колонки** буровых скважин и профили отдельных обнажений, детали отдельных обнажений или частей колонки и разрезы через долины.

5. **Микрофотографии** шлифов пород и руд даются для иллюстрации петрографического очерка. Еще более полезны, особенно при воспроизведении в печати, рисунки шлифов, которые делаются с помощью рисовального аппарата или по микрофотографиям. Последние для этой цели делаются в увеличенном размере на матовой бумаге, затем контуры обводятся несмываемой тушью и после рисовки серебро растворяется соответствующими реактивами. Способ рисовки шлифов по микрофотографиям описан А. Н. Заварицким и О. В. Васнецовой.

6. **Фотографии** могут иллюстрировать геоморфологию района, характерные обнажения и их детали, пункты разработки, разведки, выходы полезных ископаемых и условия производства работ. Снимаются также характерные штыфы пород, конкрекции, палеонтологический материал. Каждый снимок должен иметь надпись, указывающую объект снимка и ориентировку.

## СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА

По полевым и камеральным геолого-съемочным работам составляются отчеты следующих типов: 1) полевой отчет; 2) основной геологический отчет по работам за год; 3) сводный отчет с описанием района или полного листа геологической карты по работам за несколько лет.

Первые два отчета обязательны, третий составляется по особому поручению геологического учреждения одним или несколькими геологами, работавшими в данном районе.

## ПОЛЕВОЙ ОТЧЕТ

Полевой отчет сдается не позднее 7 дней со дня возвращения геолога с полевых работ. В отчете дается краткая характеристика выполненной работы (ее объем и результаты научного и практического значения). Эти сведения необходимы для подведения итогов работы учреждений за год, а также для составления планов на следующий год. План отчета следующий:

1. Географическое и административное положение района. В самом заголовке отчета необходимо кратко указать район, бассейн, названия рек, населенных пунктов, горных хребтов, а также дать номенклатуру планшетов по международной разграфке, в тексте — разъяснить, какое положение занимает исследованная площадь в более крупных географических и административных единицах.

2. Цель работы с указанием, является ли работа новой или продолжением работ предыдущих лет.

3. Срок полевой работы, масштаб и площадь съемки в квадратных километрах согласно заданию, объем выполненных работ, размер заснятой площади.

4. Самая краткая характеристика основных черт геологического строения района с указанием возраста, состава, тектоники и взаимоотношения различных геологических образований.

5. Новые результаты и достижения в области изучения полезных ископаемых. Даются сведения о новых месторождениях, а также приводятся новые данные о ранее известных, существенно меняющие их оценку. Подчеркивается то, что является совершенно новым для данной области и может иметь важное народнохозяйственное значение. Все остальные месторождения упоминаются кратко, особенно если в том же районе другими партиями ведется их специальное изучение.

6. Наиболее важные геологические открытия, в частности находки фауны в свитах с невыясненным до сего времени возрастом, обнаружение новых типов магматических пород и выяснение новых орогенических фаз.

7. К отчету прилагается обзорная топографическая карточка с указанием границ заснятой в данном году площади.

## ОСНОВНОЙ ОТЧЕТ

Ежегодно в конце камерального периода геолог представляет отчет по изучению геологического строения района на основании данных полевых и камеральных исследований. Размер основного отчета в среднем 3—5 печатных листов, т. е. 75—125 страниц машинописи.

Отчеты по геологической съемке любых масштабов должны быть построены по единому плану. Различие отчетов определяется необходимостью обосновать фактами различную детальность карты. Отчеты должны сопровождаться отредактированным описанием всех обнажений.

Отчет должен быть написан геологически и стилистически грамотно и не загроможден излишними материалами. Геологические выводы необходимо излагать ясно и кратко, но не в ущерб полному обоснованию их фактическим материалом. Основные положения по стратиграфии, тектонике и магматизму должны сопровождаться ссылкой на определенные обнажения и описанием последних. Эти обнажения должны быть

показаны на геологической карте и пронумерованы одинаковым образом в тексте и на карте.

Голословные утверждения без фактов в отчете недопустимы. Выводы, основанные на общих соображениях и сопоставлениях, должны быть особо оговорены. Нужно отметить, что именно догматическое изложение результатов геолого-съёмочных работ, где нельзя было отличить факты от домыслов, послужило в ряде случаев причиной неправильного представления о геологии и перспективах района и в конечном счете заставляло переделывать всю работу заново.

Текст основного отчета обычно разделяется на следующие главы: 1) введение, 2) физико-географический очерк, 3) история исследований, 4) стратиграфия, 5) петрология, 6) тектоника, 7) геоморфология, 8) гидрогеология, 9) полезные ископаемые, 10) заключение, 11) литература.

**1. Введение.** Географическое и административное положение района. Номера исследованных планшетов или листов, причем дается сводная карточка мелкого масштаба, на которой показываются границы исследованной площади. Цель работ, точное задание, организационная структура партии, объем произведенных работ, участие разных лиц в исполненной работе и в обработке материала, затраты на все виды работ (по годам) и технико-экономические показатели (в виде таблиц). Характеристика использованной топографической основы и материалов аэрофотосъемки (если они имелись), а также фотогеничности различных частей района. Сведения о примененной методике аэрогеологических и геофизических исследований.

**2. Физико-географический очерк.** Описание рельефа может быть дано кратко, так как вопросы геоморфологии выделяются в особую главу. Здесь даются общие указания на характер рельефа района, степень его пересеченности, средние абсолютные и относительные высоты главных долин и водоразделов, степень обнаженности, характер гидрографической сети. Растительный покров, климатические особенности района, населенность, экономика, степень освоенности и пути сообщения должны быть охарактеризованы с точки зрения интересов горной промышленности и геолого-разведочного дела.

Объем этой главы может быть сокращен в отчетах по детальной съемке и, наоборот, расширен для районов, слабо изученных географически.

**3. История исследований.** Дается в сжатом виде, со ссылками на главнейшую литературу и перечнем всех опубликованных и рукописных геологических карт района (с указанием их масштаба). Дается картограмма геологической заснятости. Подчеркивается все принципиально новое, внесенное каждой работой в представление о геологическом строении и полезных ископаемых района. В случае необходимости в соответствующих главах помещаются указания на расхождения с прежними исследователями.

**4. Стратиграфия.** Описание всех выделяемых по возрасту геологических образований ведется начиная с древнейших и заканчивается четвертичными отложениями. В зависимости от обилия материала обзор может быть разделен по системам или отделам и по более дробным стратиграфическим единицам. Для каждого подразделения дается сжатая литологическая характеристика и приводится список главнейшей фауны и флоры с указанием мест их нахождения, а также фамилий лиц, их определявших. Далее следуют обоснование возраста описываемой единицы, ее мощности, а также описание фациальных различий в разных частях района с обоснованием всех перерывов в отложении и угловых несогласий в напластованиях.

Особенно важно дать отчетливую характеристику тех слоев, которые содержат полезные ископаемые или играют руководящую роль при картировании.

Обязательно приводить описание тех исходных обнажений, которые послужили основанием для главных выводов по стратиграфии, в частности описание с зарисовками обнажений, наиболее ярко характеризующих взаимоотношение выделенных на карте стратиграфических единиц.

Сложные и детально расчлененные стратиграфические разрезы необходимо представлять в виде колонок нормального разреза.

Магматические образования, одновременные с осадочными толщами (лавы, туфы, вулканические брекчии), а также метаморфические толщи включаются в стратиграфическое описание и колонку нормального разреза с указанием их названий.

Ни количество, ни расположение фактического материала не должны нарушать стройности изложения обзора стратиграфии.

Характеристика фациальных особенностей разреза дается при описании каждой стратиграфической единицы, причем указываются изменения фаций в разных частях района. В районах с резко различным фациальным характером одновременных образований стратиграфическое описание для ясности может составляться отдельно для каждого фациального комплекса.

Развитие в районе исследований однородных толщ, лишенных органических остатков (например, сланцевых), затрудняет составление точной стратиграфической схемы, особенно в условиях сложной складчатости. В этих случаях приходится производить расчленение толщ исключительно по литологическим признакам и до нахождения руководящей фауны остаются долгое время невыясненными геологический возраст свит и их взаимное положение.

Свиты, достаточно ясно различимые по внешним признакам, могут получить особые названия по местам их развития. Однако следует предостеречь от чрезмерного увлечения такими названиями. Они уместны, как уже указывалось, только для таких свит, которые имеют региональное распространение и всюду сохраняют свои литологические особенности.

При изучении стратиграфии мощных толщ континентальных отложений прибегают к тем же или сходным приемам, но при этом необходимо учитывать, что эти свиты отличаются непостоянством, часто мелкие горизонты, литологически хорошо выделяемые, не имеют сколько-нибудь значительного площадного распространения. Здесь, кроме петрографической и минералогической характеристики обломочного материала и цемента, в первую очередь следует обращать внимание на угловые несогласия в сериях континентальных отложений.

Описание стратиграфической колонки дополняется анализом литологического разреза в связи с историей складчатых и вертикальных движений (мощность осадков, источники сноса, районы поднятий и опусканий). Этот анализ может быть вынесен в особую главу — «Геологическая история и палеогеография».

**5. Петрология.** Главное содержание этой главы составляет общая петрографическая характеристика магматических, метаморфических и осадочных пород. Петрографическое описание должно быть сделано с одинаковой полнотой для всех трех групп пород. Отмечаются: возраст, форма залегания, характер контактов, краевые и жильные фаии интрузии, отношения магматических тел к вмещающим толщам, морфология вулканических аппаратов (если они сохранились), последовательность вулканических проявлений и связь их с орогеническими процессами; кроме того, указываются микроскопические признаки, текстура, дается краткая химико-минералогическая характеристика горных пород.

Особое внимание уделяется описанию возрастных взаимоотношений различных пород, процессам гидротермального и контактового мета-

морфизма и всем особенностям, которые могут иметь поисковое значение.

При съемке масштаба 1:50 000, когда применяется структурный анализ интрузивов, соответствующий фактический материал и выводы из него также включаются в главу «Петрография», а в главе «Тектоника» они сопоставляются с данными по общей тектонике района.

Необходимо выделить главнейшие типы метаморфических пород (кристаллических сланцев и гнейсов) с кратким описанием их минералогического состава, структуры, текстуры, указанием их возраста, происхождения и времени их метаморфизма.

Для основных типов осадочных пород в этой главе может быть дана краткая характеристика, сводящая результаты микроскопических исследований, механических, минералогических и химических анализов.

**6. Тектоника.** В этой главе дается общая характеристика тектоники района с выделением тектонических зон, если они намечаются, а в пределах каждой тектонической зоны — форм тектонических нарушений: складок, разрывов, чешуй, надвигов и тектонических покровов. При большом количестве этих форм нет надобности описывать каждую из них в отдельности. Дается групповая характеристика однородных по форме нарушений и выясняются их изменения по простиранию. Основные разрезы, простирающиеся через весь район, в сложных случаях необходимо дополнять частными разрезами и зарисовками. При очень детальных работах можно дать большое число таких зарисовок и кратких описаний.

Рассмотрение других проявлений тектоники — кливажа, трещин отдельности, милонитов, брекчий трения — характеризует напряженность дислокационного метаморфизма.

На основании всего этого материала делаются выводы о последовательности тектонических процессов, их характере, о направлении перемещения масс, о связи тектоники с вулканизмом и о связи выявленных рудопоявлений с тектоническими элементами. Здесь же сопоставляются данные изучения тектоники интрузивов (если оно производилось) с данными по общей тектонике.

**7. Геоморфология.** В этой главе обобщаются результаты всех геоморфологических наблюдений и дается систематическое описание всех выделенных на карте типов и характерных форм рельефа. Эти описания сопровождаются зарисовками, схемами, профилями долин и междуречий, а также фотоснимками. Очень полезны фотоснимки, сделанные с самолета во время аэровизуальных наблюдений, а также и контактные аэрофотоснимки, на которых нередко (при достаточно крупном масштабе — 1:10 000—1:25 000) отчетливо видны и без стереоскопа характерные детали и особенности рельефа.

Для каждого генетического типа рельефа, кроме морфографических данных, должны быть указаны признаки, послужившие основанием для его выделения. При этом отмечается соотношение рельефа с геолого-тектоническим строением и приводятся данные, по которым можно судить о процессах, обусловивших образование этого типа рельефа. Важно также остановиться на характере перехода от одного типа рельефа к другому, четкости их разграничения, закономерностях распределения в пространстве и т. п.

Осветив основные особенности внешнего облика и вопросы происхождения рельефа, необходимо остановиться на возрасте отдельных элементов и типов рельефа. Здесь излагаются результаты палеонтологических определений органических остатков в коррелятивных отложениях, а также все соображения о последовательности и геологическом времени основных этапов формирования рельефа в изучаемом районе.

В заключение желательно дать историю развития рельефа, начиная с того отдаленного геологического прошлого, которое нашло отражение в современном устройстве поверхности или повлияло на ход дальнейших процессов. Данную часть очерка полезно сопроводить палеогеографическими схемами и блок-диаграммами — реконструкциями рельефа для последовательных этапов его преобразования.

Могут быть затронуты вопросы, связанные с влиянием на развитие форм рельефа молодых тектонических проявлений. Следует дать краткую характеристику современных физико-геологических процессов, если они создают резкие особенности ландшафта, таких, например, как пустынные процессы, образование карста, деятельность моря, развитие оползней и заболочивание, и указать значение этих факторов в народном хозяйстве района.

**8. Гидрогеология.** Подземные воды (а также минеральные источники и газы) рассматриваются в связи со стратиграфией, тектоникой и вулканизмом. Здесь дается характеристика водоносности осадочных, изверженных и метаморфических пород, типичные водные пункты (источники, скважины и т. п.), приводятся сведения о химизме вод, дебите источников и об изменениях их режима, а также о «вечной» мерзлоте, если она имеется. Освещается значение и использование подземных вод в народном хозяйстве района.

**9. Полезные ископаемые.** Основная задача этой главы — выяснение закономерностей распределения полезных ископаемых на изученной территории.

Устанавливается связь месторождений полезных ископаемых со стратиграфией, определенными структурами, вулканизмом, контактовыми воздействиями, гидротермальными процессами, метаморфизмом, действием подземных вод и атмосферных агентов. Тем самым выясняются перспективы района в целом или его частей по отдельным полезным ископаемым и, следовательно, направление последующих поисково-разведочных работ. Здесь же излагаются результаты шлихового опробования, которые должны дать четкую характеристику распределения полезных минералов в рыхлых отложениях исследованного района, а также необходимые выводы по оценке установленных шлиховых ореолов и направлению дальнейших поисковых работ.

Полезные минералы шлихов описываются каждый отдельно. Указываются распределение каждого минерала в пространстве, количественное содержание минерала в шлихах и частота встречаемости. Характеризуются главнейшие ореолы рассеяния минерала, размер обломков (зерен), степень его окатанности, сростки его с породами и другими минералами, ассоциация шлиховых минералов. Излагаются соображения о возможных коренных источниках сноса, ореолы увязываются с определенной геологической обстановкой (интрузией, контактовой зоной, литологическим горизонтом). Делаются выводы о возможном генетическом типе коренного рудопоявления на основе анализа геологической обстановки и минералого-геохимических особенностей минералов. Дается оценка данного шлихового ореола (речки, ключа) как объекта для детальных поисков коренного месторождения или россыпи и конкретно указывается направление дальнейших работ. Устанавливается очередность проведения работ на отдельных участках. Рекомендуются методики для дальнейших поисков.

Здесь же приводятся результаты проверки заявок, а также тех данных о полезных ископаемых, которые имеются в материалах центральных и территориальных геологических фондов и ранее не изучались и не проверялись.

Дается краткая характеристика не только месторождений, не описывавшихся ранее, но и месторождений, ранее разведанных и описанных, с заключением автора об их связи с общей геологией района.

В заключение главы о полезных ископаемых при геологической съемке мелких и средних масштабов даются:

1) характеристика связи полезных ископаемых с определенными комплексами или свитами пород или с определенными геологическими процессами;

2) оценка общих перспектив района в отношении запасов минерального сырья;

3) определение направления дальнейших поисковых работ.

В отчетах о геологической съемке масштабов 1:50 000—1:25 000 должны быть изложены результаты изучения месторождений полезных ископаемых с перспективной оценкой возможных геологических запасов и их качества. Геолог должен отметить закономерности в пространственном распределении полезных ископаемых и указать наиболее перспективные площади для последующих детальных поисковых или поисково-разведочных работ.

Содержание настоящей главы иллюстрируется картой полезных ископаемых, которая в сложных и богатых месторождениями районах изготавливается отдельно и должна содержать элементы прогнозов.

**10. Заключение.** Содержание этой главы не регламентируется и полностью зависит от района и результатов исследования. Рекомендуется в этой главе наметить очередные задачи геологического изучения района в свете его перспективного развития.

**11. Список использованной литературы.** Ссылки на литературу, которые делаются в тексте, отсылают к особому списку, помещаемому в конце отчета. Номера этого списка, соответствующие алфавитному порядку авторов, приводятся в местах ссылок (в скобках). Список литературы в основном отчете не ставит себе задачей дать исчерпывающую библиографию по всем затрагиваемым вопросам; перечисляются только работы, использованные в отчете. Заголовки работ выписываются полностью, а названия журналов сокращаются так, чтобы они оставались понятными без особых пояснений. Точно должны быть указаны томы, выпуски, номера и годы изданий.

**А н н о т а ц и я** должна давать краткое изложение содержания отдельных глав отчета с более подробным изложением важнейших выводов и результатов. Форма изложения в аннотации от третьего лица. Необходимо писать короткими ясными фразами. Объем не должен превышать двух-трех печатных страниц.

**Обязательные приложения к отчету:** геологическая карта установленного заданием масштаба, карта полезных ископаемых, карта фактического материала, сводная стратиграфическая колонка, геологические разрезы, переписанные и обработанные полевые дневники.

В особых случаях проектным заданием, кроме геологической карты, может быть предусмотрено составление дополнительных карт (четвертичных отложений, гидрогеологической, шлиховой или каких-либо других). Эти специальные карты должны удовлетворять требованиям соответствующих инструкций, а в основном отчете должны быть расширены соответствующие главы, или введены новые, или даже должен быть составлен особый отчет, отвечающий требованиям специальных инструкций. При отсутствии таких инструкций в проектном задании должны быть перечислены основные требования, которым должны удовлетворять специальные карты и специальные главы отчета.

Окончательное оформление, сдача и защита отчета производятся согласно требованиям «Инструкции о порядке утверждения и сдачи геологических отчетов по работам, проводимым геологическими управлениями». По этой инструкции, отчет оформляется в четырех экземплярах, содержащих каждый все перечисленные приложения.

Шлифы, негативы, дубликаты проб, обработанные коллекции подлежат сдаче в геологический музей, для чего должны быть приведены в порядок согласно требованиям «Инструкции по учету и хранению коллекционных материалов в территориальных геологических управлениях».

## СВОДНЫЙ ОТЧЕТ

Если работа в пределах одного листа геологической карты или отдельного района ведется в течение нескольких лет, то по особому заданию составляется сводный отчет. Отчет представляет собой сводку данных, сообщаемых в ежегодных основных отчетах. План сводного отчета может быть построен совершенно так же, как и основного. Так как сводный отчет должен сопровождать соответствующий лист карты, то в нем необходимо приводить тот фактический материал из основных отчетов, которым автор обосновывает свои положения.

ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫЕ ВЫСОТЫ

Милли- метры	М е т р ы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
716	526,0	524,8	523,7	522,5	521,3	520,1	518,9	517,8	516,6	515,4
717	514,2	513,1	511,9	510,7	509,5	508,3	507,2	506,0	504,8	503,6
718	502,5	501,3	500,1	498,9	497,8	496,6	495,4	494,2	493,0	491,9
719	490,7	489,5	488,3	487,2	486,0	484,8	483,7	482,5	481,3	484,1
720	479,0	477,8	476,6	475,4	474,3	473,1	471,9	470,7	469,6	468,4
721	467,2	466,1	464,9	463,7	462,5	461,4	460,2	459,0	457,9	456,7
722	455,5	454,4	453,2	452,0	450,8	449,7	448,2	447,0	446,2	445,0
723	443,8	442,7	441,5	440,3	439,2	438,0	436,8	435,7	434,5	433,3
724	432,2	431,0	429,8	428,7	427,5	426,3	425,2	424,0	422,8	421,0
725	420,5	419,3	418,2	417,0	415,8	414,7	413,5	412,3	411,2	410,0
726	408,9	407,7	406,5	405,4	404,2	403,0	401,9	400,7	399,5	398,4
727	397,2	396,1	394,9	393,7	392,6	391,4	390,3	389,1	387,9	386,8
728	385,6	384,4	383,3	382,1	381,0	379,8	378,6	377,5	376,3	375,4
729	374,0	372,9	371,7	370,5	369,4	368,2	367,1	365,2	364,7	363,6
730	362,4	361,3	360,1	359,0	357,8	356,6	355,5	354,7	353,2	352,0
731	350,9	349,7	348,6	347,4	346,2	345,1	343,9	342,8	341,6	340,5
732	339,3	338,2	337,0	335,9	334,7	333,6	332,4	331,2	330,1	328,9
733	327,8	326,6	325,5	324,3	323,2	322,0	320,9	319,7	318,6	317,4
734	316,3	315,5	314,0	312,8	311,7	310,5	309,4	308,2	307,1	307,9
735	304,8	303,6	302,5	301,3	300,2	299,0	297,9	296,7	295,6	294,4
736	293,3	292,1	291,0	289,9	287,5	287,5	286,4	285,2	284,1	283,0
737	281,8	280,7	279,5	277,2	276,1	276,1	274,9	273,8	272,6	271,5
738	270,4	269,2	268,1	265,8	264,6	264,6	263,5	262,3	261,2	260,1
739	228,9	227,8	226,6	225,4	224,3	223,2	222,1	220,9	219,8	218,6
740	247,5	246,4	245,2	242,9	241,8	241,8	240,6	239,5	238,4	237,2
741	238,7	234,9	233,6	232,7	231,5	230,4	229,2	228,1	227,0	225,8
742	224,1	223,6	222,4	221,3	220,1	219,0	217,9	216,7	215,6	214,5
743	213,3	212,2	211,0	209,9	208,8	207,6	206,5	205,4	204,2	203,1
744	202,0	200,8	199,7	198,5	197,4	196,3	195,1	194,7	192,9	191,7
745	190,6	189,5	188,3	187,2	186,1	184,9	183,8	182,7	181,5	180,4
746	179,3	178,1	177,0	175,9	174,7	173,6	172,5	171,3	170,2	169,1
747	168,0	166,8	165,7	164,6	163,4	162,3	161,2	160,0	158,9	157,8
748	158,7	155,5	154,4	153,3	152,1	151,0	149,9	148,8	147,6	146,5
749	145,4	144,2	143,1	142,0	140,9	139,7	138,6	137,5	136,4	135,2
750	134,1	133,0	131,8	130,7	129,6	128,5	127,3	126,2	125,1	124,0
751	122,8	121,7	120,6	119,5	118,3	117,2	116,1	115,0	113,8	112,7
752	111,6	110,5	109,4	108,2	107,0	106,0	104,9	103,7	102,4	101,5
753	100,4	99,3	98,1	97,0	95,9	94,8	93,6	92,5	91,6	90,3
754	89,2	88,0	86,9	85,8	84,7	83,6	82,4	81,3	80,2	79,1
755	77,9	76,9	75,7	74,6	73,5	72,4	71,3	70,1	69,0	67,9
756	66,8	65,7	64,6	63,3	62,3	61,2	60,1	59,0	57,9	56,7
757	55,6	54,5	53,4	52,3	51,2	50,0	48,9	47,8	46,7	45,6
758	44,5	43,4	42,2	41,1	40,0	38,9	37,8	36,7	35,6	34,4
759	33,3	32,2	31,1	30,0	28,9	27,8	26,7	25,5	24,4	23,2
760	22,2	21,1	20,0	18,9	17,8	16,7	15,5	14,4	13,3	12,2
761	11,1	10,0	8,9	7,8	6,7	5,6	4,4	3,3	2,2	1,1
762	0,0	-1,1	-2,2	-3,3	-4,4	-5,5	-6,7	-7,8	-8,9	-10,0
763	-11,1	-12,2	-13,3	-14,4	-15,5	-16,6	-17,7	-18,8	-19,9	-21,0
764	-22,1	-23,3	-24,4	-25,5	-26,6	-27,7	-28,8	-29,9	-31,0	-32,1
765	-33,2	-34,3	-35,4	-36,5	-37,6	-38,7	-39,8	-40,9	-42,0	-43,1

ПОПРАВКИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА

°C	Р а з н о с т ь в ы с о т е в м е т р а х										°C	
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90		100
-5	0	0,695	1,89	2,09	2,78	3,48	4,17	7,87	5,56	6,26	6,95	+35
-4	0	0,660	1,82	1,98	2,64	3,30	3,96	4,62	5,28	5,94	6,60	+34
-3	0	0,626	1,75	1,88	2,50	3,13	3,75	4,38	5,00	5,63	6,26	+33
-2	0	0,591	1,71	1,82	2,36	2,95	3,55	4,14	4,73	5,32	5,91	+32
-1	0	0,556	1,67	1,67	2,22	2,78	3,34	3,89	4,45	5,00	5,56	+31
0	0	0,521	1,56	1,56	2,09	2,61	3,13	3,65	4,17	4,69	5,21	+30
+1	0	0,487	1,46	1,46	1,95	2,43	2,92	3,41	3,89	4,38	4,87	+29
+2	0	0,452	1,36	1,36	1,81	2,26	2,71	3,16	3,61	4,07	4,52	+28
+3	0	0,417	1,25	1,25	1,67	2,09	2,50	2,92	3,34	3,75	4,17	+27
+4	0	0,382	1,15	1,15	1,53	1,91	2,29	2,68	3,06	3,44	3,82	+26
+5	0	0,348	1,04	1,04	1,39	1,74	2,09	2,43	2,78	3,13	3,48	+25
+6	0	0,313	0,94	0,94	1,25	1,56	1,88	2,19	2,50	2,82	3,13	+24
+7	0	0,278	0,83	0,83	1,11	1,39	1,67	1,95	2,22	2,50	2,78	+23
+8	0	0,243	0,73	0,73	0,97	1,22	1,46	1,70	1,95	2,19	2,43	+22
+9	0	0,209	0,67	0,67	0,83	1,04	1,25	1,46	1,67	1,88	2,09	+21
+10	0	0,174	0,52	0,52	0,70	0,87	1,04	1,22	1,39	1,56	1,74	+20
+11	0	0,139	0,42	0,42	0,56	0,70	0,82	0,97	1,11	1,25	1,39	+19
+12	0	0,104	0,31	0,31	0,42	0,52	0,63	0,73	0,83	0,94	1,04	+18
+13	0	0,070	0,21	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70	+17
+14	0	0,035	0,10	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35	+16

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И ДЛИНА ДУГ

arcus	Градусы	sin	cosec	tg	ctg	sec	cos	Градусы	arcus
0,0000	0	0,0000		0,0000		1,00	1,000	90	1,5708
0,0175	1	0,0175	57,3	0,0175	57,3	1,00	1,000	89	1,5593
0,0349	2	0,0349	28,7	0,0349	28,6	1,00	0,999	88	1,5359
0,0524	3	0,0523	19,1	0,0524	19,1	1,00	0,999	87	1,5184
0,0698	4	0,0698	14,3	0,0699	14,3	1,00	0,998	86	1,5010
0,0873	5	0,0872	11,5	0,0875	11,4	1,00	0,996	85	1,4835
0,1047	6	0,105	9,57	0,105	9,51	1,01	0,995	84	1,4661
0,1222	7	0,122	8,21	0,123	8,14	1,01	0,993	83	1,4486
0,1396	8	0,139	7,19	0,141	7,12	1,01	0,990	82	1,4312
0,1571	9	0,156	6,39	0,158	6,31	1,01	0,988	81	1,4137
0,1745	10	0,174	5,76	0,176	5,67	1,02	0,985	80	1,3963
0,1920	11	0,191	5,24	0,194	5,14	1,02	0,982	79	1,3788
0,2094	12	0,208	4,81	0,213	4,70	1,02	0,978	78	1,3614
0,2269	13	0,225	4,45	0,231	4,33	1,03	0,974	77	1,3439
0,2443	14	0,242	4,13	0,249	4,01	1,03	0,970	76	1,3265
0,2618	15	0,259	3,86	0,268	3,73	1,04	0,966	75	1,3090
0,2793	16	0,276	3,63	0,287	3,49	1,04	0,961	74	1,2915
0,2967	17	0,292	3,42	0,306	3,27	1,05	0,956	73	1,2741
0,3142	18	0,309	3,24	0,325	3,08	1,05	0,951	72	1,2566
0,3316	19	0,326	3,07	0,344	2,90	1,06	0,946	71	1,2392
0,3491	20	0,342	2,92	0,364	2,75	1,06	0,940	70	1,2217
0,3665	21	0,358	2,79	0,384	2,61	1,07	0,934	69	1,2043
0,3840	22	0,375	2,67	0,404	2,48	1,08	0,927	68	1,1868
0,4014	23	0,391	2,56	0,424	2,36	1,09	0,921	67	1,1694
0,4189	24	0,407	2,46	0,445	2,25	1,09	0,914	66	1,1519
0,4363	25	0,423	2,37	0,466	2,14	1,10	0,906	65	1,1345
0,4538	26	0,438	2,28	0,488	2,05	1,11	0,899	64	1,1170
0,4712	27	0,454	2,20	0,510	1,96	1,12	0,891	63	1,0996
0,4887	28	0,469	2,13	0,532	1,88	1,13	0,883	62	1,0821
0,5061	29	0,485	2,06	0,554	1,80	1,14	0,875	61	1,0647
0,5236	30	0,500	2,00	0,577	1,73	1,15	0,866	60	1,0472
0,5411	31	0,515	1,94	0,601	1,66	1,17	0,857	59	1,0297
0,5585	32	0,530	1,89	0,625	1,60	1,18	0,848	58	1,0123
0,5760	33	0,545	1,84	0,649	1,54	1,19	0,839	57	0,9948
0,5934	34	0,559	1,79	0,675	1,48	1,21	0,829	56	0,9774
0,6109	35	0,574	1,74	0,700	1,43	1,22	0,819	55	0,9599
0,6283	36	0,588	1,70	0,727	1,38	1,24	0,809	54	0,9425
0,6458	37	0,602	1,66	0,754	1,33	1,25	0,799	53	0,9250
0,6632	38	0,616	1,62	0,781	1,28	1,27	0,788	52	0,9076
0,6807	39	0,629	1,59	0,810	1,23	1,29	0,777	51	0,8901
0,6981	40	0,643	1,56	0,839	1,19	1,31	0,766	50	0,8727
0,7156	41	0,656	1,52	0,869	1,15	1,33	0,755	49	0,8552
0,7330	42	0,669	1,49	0,900	1,11	1,35	0,743	48	0,8378
0,7505	43	0,682	1,47	0,933	1,07	1,37	0,731	47	0,8203
0,7679	44	0,695	1,44	0,966	1,04	1,39	0,719	46	0,8029
0,7854	45	0,707	1,41	1,000	1,00	1,41	0,707	45	0,7854
arcus	Градусы	cos	sec	ctg	tg	cosec	sin	Градусы	arcus

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ МОЩНОСТИ

По видимой мощности пласта (или свиты) в обнажении, представляющем собой отвесную стенку, зная угол падения пласта, можно определить истинную мощность с помощью приведенной ниже таблицы (верхние строки).

Пример 1. Видимая мощность 185 м, угол падения 15°.

Вместо 100 м	получим	96,6 м
80	"	77,3
5	"	4,8

Истинная мощность 178,7 м

Точно так же определяется истинная мощность пласта или свиты по углу падения и мощности, полученной при бурении вертикальной скважины. Кроме того, по нижним строкам определяется расстояние от устья скважины до выхода пласта или свиты на земную поверхность.

Пример 2. Угленосная свита, падающая под углом 50°, пройдена скважиной на глубине 215—339 м, т. е. имеет 124 м видимой мощности.

Вместо 100 м	получим	64,3 м	Вместо 200 м	получим	167,8 м
20	"	12,9	10	"	8,4
4	"	2,6	5	"	4,2

Истинная мощность 79,8 м

Расстояние 180,4 м

Всякий бок выйдет в 180,4 м от устья скважины.

По той же таблице, зная истинный угол падения, можно вычислить, на какой глубине скважина встретит пласт, если ее заложить на таком-то расстоянии от его выхода.

Пример 3. Расстояние 110 м, угол падения 30°.

103,92 м	соответствует	60,00 м
5,20	"	3,00
0,88	"	0,51
100,00 м		Глубина 63,51 м

Угол падения	1 м	2 м	3 м	4 м	5 м	6 м	7 м	8 м	9 м
5°	0,996 11,430	1,992 22,860	2,989 34,290	3,985 45,720	4,981 57,150	5,977 68,580	6,973 80,010	7,970 91,440	8,966 102,870
10°	0,985 5,671	1,970 11,343	2,954 17,014	3,939 22,688	4,924 28,357	5,909 34,028	6,894 39,699	7,878 45,371	8,863 51,042
15°	0,966 3,732	1,932 7,464	2,898 11,196	3,864 14,928	4,830 18,660	5,796 22,392	6,761 26,124	7,727 29,856	8,693 23,588
20°	0,941 2,747	1,879 5,495	2,819 8,242	3,759 10,990	4,698 13,737	5,638 16,485	6,578 19,232	7,518 21,980	8,457 24,727
25°	0,906 2,145	1,813 4,289	2,719 6,434	3,625 8,578	4,532 10,723	5,438 12,867	6,344 15,012	7,250 17,156	8,157 19,301
30°	0,866 1,732	1,732 3,464	2,598 5,196	3,464 6,928	4,330 8,660	5,196 10,392	6,062 12,124	6,928 13,856	7,794 15,588
35°	0,819 1,428	1,638 2,856	2,457 4,284	3,277 5,713	4,096 7,141	4,915 8,569	5,734 9,998	6,553 11,425	7,372 12,853

## ПЕРЕВОД ГРАДУСОВ ДОЛГОТЫ С ОДНОГО МЕРИДИАНА НА ДРУГОЙ

При пользовании географическими картами разных изданий, ведущими счет градусов долготы от различных меридианов: Ферро, Гринича, Парижа, Пулкова, приходится делать перевод с одного меридиана на другой. Для облегчения пересчета предлагается следующая табличка:

	Ферро	Гринич	Париж	Пулково
Ферро	—	+17°39'51"	+20°00'00"	+47°59'30"
Гринич	-17°39'51"	—	+2°20'09"	+30°19'39"
Париж	-20°00'00"	-2°20'09"	—	+27°59'30"
Пулково	-47°59'30"	-30°19'39"	+27°59'30"	—

Пример 1. Какому меридиану от Гринича соответствует 85° в. д. от Пулкова?  
 Ответ:  $85^\circ + 30^\circ 19' 39'' = 115^\circ 19' 39''$ .

Пример 2. Какому меридиану от Пулкова соответствует 150° в. д. от Ферро?  
 Ответ:  $150^\circ - 47^\circ 59' 30'' = 102^\circ 00' 30''$ .

Угол падения	1 м	2 м	3 м	4 м	5 м	6 м	7 м	8 м	9 м
40°	0,766 1,192	1,532 2,384	2,298 3,575	3,064 4,767	3,830 5,959	4,596 7,151	5,362 8,342	6,128 9,534	6,894 10,726
45°	0,707 1,000	1,414 2,000	2,121 3,000	2,828 4,000	3,536 5,000	4,243 6,000	4,950 7,000	5,657 8,000	6,364 9,000
50°	0,643 0,839	1,286 1,678	1,928 2,517	2,571 3,356	3,214 4,196	3,857 5,035	4,500 5,874	5,142 6,713	5,785 7,552
55°	0,574 0,700	1,147 1,400	1,721 2,101	2,294 2,801	2,868 3,501	3,441 4,201	4,015 4,901	4,589 4,602	5,162 6,302
60°	0,500 0,577	1,000 1,155	1,500 1,732	2,000 2,309	2,500 2,887	3,000 3,464	3,500 4,041	4,000 4,619	4,500 5,196
65°	0,423 0,466	0,845 0,933	1,268 1,399	1,690 1,865	2,113 2,332	2,536 2,798	2,958 3,264	3,381 3,730	3,804 4,197
70°	0,342 0,364	0,684 0,728	1,026 1,092	1,368 1,456	1,710 1,820	2,052 2,184	2,394 2,548	2,736 2,912	3,078 3,276
75°	0,259 0,268	0,518 0,536	0,776 0,804	1,035 1,072	1,294 1,340	1,553 1,608	1,812 1,876	2,071 2,144	2,349 2,412
80°	0,174 0,176	0,347 0,358	0,521 0,529	0,695 0,705	0,868 0,882	1,042 1,058	1,216 1,234	1,389 1,411	1,563 1,587
85°	0,087 0,087	0,174 0,175	0,261 0,262	0,349 0,350	0,436 0,437	0,523 0,525	0,610 0,612	0,697 0,700	0,784 0,787

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ МОЩНОСТИ И ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ НАКЛОННЫХ ПЛАСТОВ**

Зная угол падения пласта и его видимую мощность на поверхности Земли (горизонтальной), мы можем определить его истинную мощность, разделив видимую мощность на 100 и помножив на число, стоящее в столбце „Мощность“ таблицы против данного угла падения.

Задавшись горизонтальным расстоянием от всякого бока пласта (вкrest его простирания) до места предполагаемой скважины или шахты, мы определим вертикальную глубину, на которой она встретит пласт: делим это расстояние на 100 и помножаем на число, стоящее в столбце „Глубина“ против данного угла падения.

Пример. Пласт падает под углом 40°, видимая мощность 20 м, шахта предполагается в 120 м от выхода:

а)  $20 : 100 = 0,2$ ; для 40° находим в столбце „Мощность“ 64,28; помножив это число на 02, получим истинную мощность — 12,86 м;

б)  $120 : 100 = 1,2$ ; для 40° в столбце „Глубина“ находим 83,91; помножив это число на 1,2, получим 100,7 м — вертикальную глубину, на которой шахта встретит всякий бок пласта.

Угол падения	Мощность	Глубина	Угол падения	Мощность	Глубина	Угол падения	Мощность	Глубина
1°	1,75	1,75	31°	51,50	60,09	61°	87,46	180,40
2°	3,49	3,49	32°	52,99	62,49	62°	88,29	188,07
3°	5,23	5,24	33°	54,46	64,94	63°	89,10	196,26
4°	6,98	6,99	34°	55,92	67,45	64°	89,88	205,03
5°	8,72	8,75	35°	57,36	70,02	65°	90,63	214,45
6°	10,45	10,51	36°	58,78	72,65	66°	91,35	224,60
7°	12,19	12,28	37°	60,18	75,36	67°	92,05	235,59
8°	13,92	14,05	38°	61,57	78,13	68°	92,72	247,51
9°	15,64	15,84	39°	62,93	80,98	69°	93,36	260,51
10°	17,36	17,63	40°	64,28	83,91	70°	93,97	274,75
11°	19,08	19,44	41°	65,61	86,93	71°	94,55	290,42
12°	20,79	21,26	42°	66,91	90,04	72°	95,11	307,77
13°	22,50	23,09	43°	68,20	93,25	73°	95,63	327,09
14°	24,19	24,93	44°	69,47	96,57	74°	96,13	348,74
15°	25,88	26,79	45°	70,71	100,00	75°	96,59	373,21
16°	27,56	28,67	46°	71,93	103,55	76°	97,03	401,08
17°	29,24	30,57	47°	73,14	107,24	77°	97,44	433,15
18°	30,90	32,49	48°	74,31	111,06	78°	97,81	470,46
19°	32,56	34,43	49°	75,47	115,04	79°	98,16	514,46
20°	34,20	36,40	50°	76,60	119,18	80°	98,48	567,13
21°	35,84	38,39	51°	77,71	123,49	81°	98,77	631,38
22°	37,46	40,40	52°	78,80	127,99	82°	99,03	711,54
23°	39,07	42,45	53°	79,86	132,70	83°	99,25	814,43
24°	40,67	44,52	54°	80,90	137,64	84°	99,45	951,44
25°	42,26	46,63	55°	81,92	142,81	85°	99,62	1143,01
26°	43,84	48,77	56°	82,90	148,26	86°	99,76	1430,07
27°	45,40	50,95	57°	83,87	153,99	87°	99,86	1908,11
28°	46,95	53,17	58°	84,80	160,03	88°	99,94	2863,63
29°	48,48	55,43	59°	85,72	166,43	89°	99,98	5729,00
30°	50,00	57,74	60°	86,60	173,21	90°	100,00	—

**ПОПРАВКИ УГЛА ПАДЕНИЯ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ, НЕ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ К ПРОСТИРАНИЮ ПЛАСТОВ**

Истинный угол падения	Угол между простиранием и линией пересечения															
	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°
10°	9°51'	9°40'	9°24'	9°05'	8°41'	8°13'	7°41'	7°06'	6°28'	5°46'	5°02'	4°15'	3°27'	2°37'	1°45'	0°53'
15°	14 47	14 31	14 08	13 39	13 34	12 28	11 36	10 04	9 46	8 44	7°38	6 28	5 14	3 33	2 7	1 20
20°	19 43	19 23	18 53	18 15	17 30	16 36	15 35	14 25	13 10	11 48	10 19	8 45	7 06	5 23	3 37	1 49
25°	24 48	24 15	23 39	22 55	22 00	20 54	19 39	18 15	16 41	14 58	13 07	11 09	9 03	6 53	4 37	2 20
30°	29 37	26 09	28 29	27 37	26 34	25 18	23 51	22 12	20 21	18 19	16 06	13 43	11 10	8 30	5 44	2 53
35°	34 36	34 04	33 21	32 24	31 13	29 50	28 12	26 20	24 14	21 53	19 18	16 29	13 28	10 16	6 56	3 30
40°	39 34	39 02	38 15	37 15	36 00	34 30	32 44	30 41	28 20	25 42	22 45	19 31	16 00	12 15	8 17	4 11
45°	44 34	44 01	43 13	42 11	40 54	39 19	37 27	35 16	32 44	29 50	26 33	22 55	18 53	14 30	9 51	4 59
50°	49 34	49 01	48 14	47 12	45 54	44 17	42 23	40 07	37 27	34 21	30 47	26 44	22 11	17 09	11 41	5 56
55°	54 35	54 04	53 19	52 18	51 03	49 29	47 35	45 17	42 33	39 20	35 32	31 07	26 02	20 17	13 55	7 06
60°	59 37	59 08	58 26	57 30	56 19	54 49	53 00	50 46	48 04	44 47	40 54	36 14	30 29	24 08	16 44	8 35
65°	64 00	64 14	63 36	62 46	61 42	60 21	58 40	56 36	54 02	50 53	46 59	42 11	36 15	29 02	20 25	10 35
70°	69 43	69 21	68 49	68 07	67 12	66 08	64 35	62 46	60 29	57 36	53 57	49 16	43 13	35 25	25 30	13 28
75°	74 47	74 30	74 05	73 32	72 48	71 53	70 43	69 14	67 22	64 58	61 49	57 37	51 55	44 01	32 57	18 01
80°	79 51	79 39	79 22	78 59	78 29	77 51	77 02	76 00	74 40	72 75	70 34	67 21	62 43	55 44	44 33	26 18
85°	84 56	84 50	84 41	84 29	84 14	83 54	83 29	82 57	82 15	81 20	80 05	78 19	75 39	71 20	63 15	44 54
89°	88 59	88 58	88 56	88 54	88 51	88 47	88 42	88 35	88 27	88 15	88 00	87 38	87 05	86 09	84 15	78 41

Пример. Пересекаем обнажение по линии, образующей угол в 40° с простиранием свиты; видимый угол падения пластов 35°. В вертикальном столбце для 40° находим значения 32°44' и 37°27' (близкие к 35°), соответствующие истинным углам падения 45 и 50°, истинное падение пластов будет около 47° (точнее 47°30').

УДЕЛЬНЫЙ ВЕС РАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материал	Уд. вес	Материал	Уд. вес
<b>1. Металлы, сплавы</b>		<b>4. Горные породы</b>	
Алюминий	2,55—2,75	Базальт	2,7—3,2
Бронза	7,4—8,9	Габбро	2,9—3,1
Золото	19,25—19,35	Гнейс, змеевик	2,4—2,7
Железо (чугун)	7,2	Гранит, сиенит	2,5—3,1
Железо (кованое)	7,6—7,9	Диорит	2,7—3,0
Марганец	7,2—8,0	Доломит	2,9
Медь	8,8—9,0	Известняк, мрамор	2,5—2,8
Никель	8,9—9,2	Мергель, глина	1,8—2,6
Олово	7,2—7,5	Мел	1,8—2,6
Платина	21,1—21,5	Перидотит, пироксенит	3,3—3,5
Ртуть	13,6	Порфир	2,6—2,9
Серебро	10,4—10,6	Пемза	0,37—0,9
Свинец	11,37	Песчаник	2,2—2,5
Сталь	7,8—7,9	Сланец глинистый	2,7—2,9
Цинк	6,9—7,2	Трап, диабаз	2,8—3,2
<b>2. Минералы</b>		Песок чистый	1,4—1,6
Апатит	3,2	"    с гравием	1,7—1,8
Асбест	2,1—2,8	Галечник с песком	1,8—2,3
Барит	4,5	Чернозем	0,8
Боксит	2,55	<b>5. Руды</b>	
Гипс	2,3—2,8	Вольфрамит	7,1—7,5
Кварц	2,5—2,8	Галенит	7,3—7,6
Магнезит	3,0	Гематит	5,2
Ортоклаз	2,5—2,6	Касситерит	6,4—7,0
Роговая обманка	3,0	Лимонит	3,3—3,9
Тальк	2,6—2,8	Магнетит	4,9—5,2
<b>3. Битумы</b>		Пирит, халькопирит	4,1—4,3
Асфальт	1,1—1,5	Пиролозит	3,7—4,6
Антрацит	1,4—1,7	Сидерит	3,7—3,9
Каменный уголь	1,2—1,5	Цинковая обманка	3,9—4,2
Лигнит	1,1—1,4	Шеелит	5,9—6,1
Нефть	0,79—0,92		
Торф	0,65—0,85		

ПЕРЕВОД НЕКОТОРЫХ НЕМЕТРИЧЕСКИХ МЕР В МЕТРИЧЕСКИЕ

Длина

- 1 точка = 0,254 мм.
- 1 линия = 10 точкам = 2,54 мм.
- 1 дюйм = 10 линиям = 25,4 мм.
- 1 фут = 12 дюймам = 30,48 см.
- 1 ярд = 8 футам = 0,9144 м.
- 1 миля = 0,6091 км.
- 1 морская миля = 1,855 км.
- 1 географическая миля = 7,42 км.
- 1 вершок = 4,445 см.
- 1 аршин = 16 вершкам = 71,12 см.
- 1 сажень = 3 аршинам = 2,1336 м.
- 1 верста = 500 саженям = 1,0668 км.

Площадь

- 1 акр = 4840 кв. ярдам = 4046,9 м<sup>2</sup> = 0,40469 га.
- 1 десятина = 2400 кв. сажен = 10 925 м<sup>2</sup> = 1,0925 га.
- 1 кв. верста = 1,138 км<sup>2</sup>.
- 1 кв. миля = 2,590 км<sup>2</sup>.

Объем

- 1 галлон = 4 квартам = 8 пинтам = 4,5461 л.
- 1 англ. бушель = 8 галлонам = 36,368 л.
- 1 баррель = 163,4 л.
- 1 ведро = 16 бутылкам = 12,299 л.
- 1 бутылка = 0,76873 л.

Вес

- 1 доля = 0,0444 г.
- 1 золотник = 96 долям = 4,266 г.
- 1 лот = 3 золотникам = 12,797 г.
- 1 фунт = 32 лотам = 0,410 кг.
- 1 пуд = 40 фунтам = 16,380 кг.
- 1 англ. фунт (торговый) = 16 унциям = 256 драхмам = 0,45359 кг.

Так как вес 1 м<sup>3</sup> воды равен 1 т, то уд. вес материалов выражает вес 1 м<sup>3</sup> в т; например, 1 м<sup>3</sup> ртути весит 13,6 т.

## ПРИЛОЖЕНИЕ X

РАЗМЕРЫ ОБРАЗЦОВ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД,  
ОТБИРАЕМЫХ НА ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И АНАЛИЗЫ

## А. Литологические пробы

Пробы шлиховые или из протолок	10—40 кг
Пробы галек для замеров ориентировки	150—50 галек (маркированных на месте)
Пробы галек для измерения окатанности	200 галек (без сколов)

## Б. Образцы для коллекций

Штуфные образцы типовых пород	Не менее 8×12 см
Образцы для петрографических шлифов	3×2 см
Образцы на спорово-пыльцевой анализ	Не менее 100—200 г
Образцы на определение микрофауны	Не менее 50—200 г
Образцы на минералогические анализы	0,2—0,3 кг (каждой фракции состава породы)
Образцы на электроанализ	25 г

## В. Образцы для испытаний физических свойств

Для ситового гранулометрического анализа рыхлых обломочных пород	От 0,2 кг (мелкозернистые породы) до 0,5 кг (неравномернозернистые породы) и до 1—2 кг (гравелиты)
Для гранулометрических анализов гидравлическими способами (по Вильямсу, Сабанину и др.) без минералогических подсчетов	50—100 г *
То же с минералогическим анализом	0,3 кг *
" " с минералогическим анализом для карбонатных пород	Не менее 0,5 кг *
Образцы для определения объемного веса и пористости	0,1—0,2 кг с добавочным кусочком на шлиф
Образцы для определения газопроницаемости	Штуф-колонка длиной 10 см, сечением 4 см <sup>2</sup>
Образцы для определения карбонатности	30—50 г
Образцы для определения магнитных свойств пород	0,2 кг

## Г. Образцы битуминозных и углистых пород

На химические анализы битума (в герметически закупоренной стеклянной посуде, предохраняющей от загрязнения образца парафином, маслами и пр.)	Желательно не менее 0,5 кг
На люминесцентный анализ битумов	5—100 г
На химические и простейшие технологические анализы угля и торфа (химический элементарный и технический анализы, определение теплотворной способности, пластометрические испытания)	Не менее 3 кг (в свежих, невыветрелых кусках из бороздовой пробы)
Для углепетрографических определений (отдельно по разным литологическим разновидностям, прослоям, пластам)	0,6 кг
На спорово-пыльцевой анализ (с точной привязкой образцов к разрезу пласта)	0,3 кг

\* Из расчета получить не менее 20—50 г остатка при растворении в 5%-ной соляной кислоте.

## Д. Пробы воды и газа

Пробы воды	Не менее 2 л (желательно 4—5 л)
Пробы газа (откачанного на месте или выделенного из раствора с помощью вакуумной бутылки Савченко, сохраняемого в герметически закупоренных склянках, вместе с водой в опрокинутом положении, горлышком книзу; особенно следует остерегаться замерзания и битья при перевозках)	Желательно не менее 1 л

Е. Образцы нерудных полезных ископаемых  
каменных строительных материалов

Образцы глины (для химического анализа, определений огнеупорности, пластичности, связующей способности, на задел теста, на обжиг)	3—4 кг
Образцы для полузаводских испытаний	Не менее 100 кг
Образцы каменных строительных материалов на механическую прочность, насыщение водой, морозоустойчивость	По 5 кубических штуфов породы (каждый по 7 см в ребре)
Образцы каменных строительных материалов на более детальные технологические испытания (разрыв, излом, износ и стирание, вязкость, распил, пробиваемость)	Не менее 25—30 кг (в крупных кусках)
Образцы для технологических испытаний песков и гравия (минералого-технических анализов, испытаний годности на бетон и др.)	От 2 кг (песок) до 15—20 кг (гравий)
Образцы для технологических испытаний цементного сырья (гипса, мергелей)	Не менее 5—6 кг

## Ж. Образцы для химического исследования

Образцы штуфные различных горных пород (для полного химического анализа состава породы)	150—100 г
Образцы для спектрального анализа (из гранулометрически разделенных, отсушенных, мономинеральных фракций)	0,5—2 г
Образцы для химического и минералогического анализа руд (из бороздовых и точечных проб по пласту)	1—2 кг

ПЕРЕСЧЕТ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦОВ ИЗ КЕРНА  
НА ВЕС ПО ДЛИНЕ И ДИАМЕТРУ

Длина в см полуцилиндрической колонки керна при диаметрах				Вес полуцилиндрической колонки керна, г
2" (5 см)	3" (7,5 см)	4" (10 см)	5" (12,5 см)	
2,5	1,5	1	1	50
5	2,5	1,5	1,5	100
10	5	2,5	2	200
15	7	4	3	300
20	9,5	5	3,5	400
25	12,5	6,5	4	500

Наименование учреждения

ПАСПОРТ НА ПРОБУ ВОДЫ

посылается на полный, сокращенный, полевой анализ (ненужное зачеркнуть).

1. Проба № 53—6.
2. Название водопункта (скважина, родник, колодец) и его №:  
Скважина № 7053 (разведочная).
3. Дебит: 3 л/сек.
4. Общая глубина скважины, колодца: 60 м.
5. Глубина взятия пробы: 55 м.
6. Глубина расположения фильтра: 53—54 м.
7. Глубина залегания водоносного горизонта: 53 м.
8. Краткая характеристика водовмещающих пород и их геологический индекс: Трещиноватый гипсоносный известняк С<sub>2</sub>.
9. Технические условия изоляции опробованных водоносных горизонтов (цементаж, обсадные трубы и т. д.): Обсадные трубы.
10. Условия взятия пробы (нужное подчеркнуть): а) взята из эксплуатируемой скважины или родника, колодца с постоянным водооборотом; б) взята из неэксплуатируемой скважины или колодца без откачки, в процессе откачки или после откачки (или прокачки).
11. Методика отбора пробы: Пробоотборником Симонова.
12. Наблюдались ли выделения пузырьков газа: Не наблюдались.
13. Температура воды на глубине взятия пробы: + 7,2°.
14. Дата отбора пробы: 16/IV 1950 г.
15. Фамилия отбиравшего пробу.

Линия отреза

КОРЕШОК К ПАСПОРТУ НА ПРОБУ ВОДЫ

(передается лабораторией заказчику)

1. Экспедиция, партия, отряд №: Центральная.
2. Номер проб (заказчика): 53—6.
3. Название водопункта и его №: Скважина № 7053.
4. На какой вид анализа принята проба: Сокращенный.
5. Кем доставлена проба: Светловым, дата: 17/IV 1950 г.
6. Количество воды, присланной на анализ: 1,0 л. В какой таре: 2 бутылки и спецпроба на СО<sub>2</sub> (агрессивную).
7. Лабораторный №, присвоенный пробе: 112.
8. Проба принята: Начальником лаборатории . . . . .  
(дата, подпись)

## ПОЛЕВЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

pH . . . . .	HCO <sub>3</sub> ' . . . . .
CO <sub>2</sub> (своб.) . . . . .	Cl' . . . . .
CO <sub>3</sub> " . . . . .	SO <sub>4</sub> " . . . . .
Fe <sup>++</sup> . . . . .	Ca <sup>++</sup> . . . . .
Fe <sup>+++</sup> . . . . .	Mg <sup>++</sup> . . . . .
NO <sub>2</sub> ' . . . . .	Общая жесткость . . . . .
NH <sub>4</sub> ' . . . . .	.....

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Цвет: Бесцветная.

Прозрачность: Опалесцирующая.

Вкус: Пресная.

Запах: Нет.

Осадок: Нет.

Полевые определения не производились.  
Физические свойства определены коллектором Косовым.

Фамилия аналитика . . . . . Дата анализа . . . . .  
Начальник экспедиции, партии, отряда . . . . .  
подпись

---

Л и н и я   о т р е з а

---

Наименование учреждения

Дата отбора пробы:  
Дата поступления пробы в лабораторию:  
Дата начала анализа:  
Дата окончания анализа:

Лаборатория (управления, экспедиции, партии).

## АНАЛИЗ ВОДЫ № 112

1. Экспедиция, партия, номер отряда: Центральная.
2. Номер пробы (заказчика): 53—6.
3. Название водопункта (скважина, родник, колодец) и его номер:  
Разведочная скважина № 7053.
4. Дебит: 3 л/сек.
5. Общая глубина скважины, колодца: 60 м.
6. Глубина взятия пробы: 55 м.
7. Глубина расположения фильтров: 53—54 м.
8. Глубина залегания водоносного горизонта: 53 м.
9. Краткая характеристика водовмещающих пород и их геологический индекс: Трещиноватый гипсоносный известняк С<sub>2</sub>.
10. Технические условия изоляции опробованного водоносного горизонта (цементаж, обсадные трубы и т. д.): Обсадные трубы.
11. Условия и методика отбора пробы: Проба взята из разведочной скважины после откачки пробоотборником Симонова.
12. Наблюдались ли выделения пузырьков газа: Не наблюдались.
13. Температура воды на глубине взятия пробы: +7,2°.
14. Количество воды, присланной на анализ: 1 л и спецпроба на CO<sub>2</sub> (агрессивную).
15. Фамилия отбиравшего пробу:

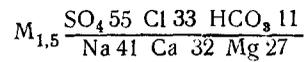
**Примечание.** Укупорка произведена резиновыми пробками. Пробки менделеевской замазкой не залиты.

Лаборатория \_\_\_\_\_

Катионы	Содержание в литре		% экв
	мг	мг-экв	
NH <sub>4</sub>	Нет	—	—
Na <sub>a</sub>	216,2	9,40*	40,8
K	—		
Ca <sup>++</sup>	149,4	7,47	32,4
Mg <sup>++</sup>	75,3	6,19	26,8
Fe <sup>++</sup>	0,1	—	—
Fe <sup>+++</sup>	0,1	—	—
Итого	441	23,06	100,0

Анионы	Содержание в литре		% экв
	мг	мг-экв	
Cl'	268,1	7,56	32,8
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	609,0	12,68	55,0
NO <sub>3</sub> '	18	0,29	1,2
NO <sub>2</sub> '	0,01	—	—
CO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	Нет	—	—
HCO <sub>3</sub> '	154,4	2,53	11,0
Итого	973**	23,06	100,0

Формула Курлова



\* Na + K вычислено по разности eA — eK, выражено в мг/л Na (ненужное зачеркнуть)

\*\* Суммировано с учетом 1/2 HCO<sub>3</sub>' в мг/л

Другие определения

Жесткость в градусах (по Ca<sup>++</sup> и Mg<sup>++</sup>)

Общая: 38,2.

Устраиваемая: Не опр.

Постоянная: Не опр.

Карбонатная: 7,1.

Некарбонатная: 31,1.

pH: 7,55.

CO<sub>2</sub> свободная: 8,5 мг/л.

CO<sub>2</sub> агрессивная (экспериментально, вычислением: Нет.

Окисляемость: 4,0 мг O<sub>8</sub>/л.

H<sub>2</sub>S: Нет.

SiO<sub>2</sub>: 8 мг/л.

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Не опр.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Не опр.

Сухой остаток при температуре 110°: 1482 мг/л.

Прозрачность: Опалесцирующая.

Цвет: Бесцветная.

Вкус: Пресная.

Запах: Нет.

Осадок: Нет.

Изменения при стоянии: После суточного стояния изменений не наблюдалось.

Аналитик: \_\_\_\_\_ (подпись)

Зав. лабораторией: \_\_\_\_\_ (подпись)

Результаты анализа получил: \_\_\_\_\_ (подпись)

Дата \_\_\_\_\_ 195 г.

Город \_\_\_\_\_

502

ПРИЛОЖЕНИЕ XIV

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ИСТОЧНИКОВ

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Местонахождение. Река или бассейн реки. Ближайший населенный пункт																		
Название пункта: родник, колодец, скважина																		
Рельеф места выхода																		
Долгота																		
Широта																		
Абсолютная высота																		
Высота над тальвегом оврага или рекой в м																		
Восходящий (в) или нисходящий (н)																		
Из какой породы восходит вода источника. Возраст, литоника. Возраст, литогический состав																		
Водоносный горизонт, питающий источник. Возраст, состав																		
Дебит в л/сек																		
Способ замера																		
t° воды источника																		
t° воздуха																		
Физические свойства воды																		
Химическая характеристика воды. № анализа. Формула Курлова																		
Капирован (t) или нет (H)																		
Число, месяц, год наблюдения																		
Примечания																		

<b>ОГЛАВЛЕНИЕ</b>		Стр.
Предисловие		3
<b>Глава I. Общие вопросы</b> (С. А. Музылев)		
Геологическая карта и ее назначение		5
Целевое назначение геологических съемок различного масштаба		7
<b>Глава II. Подготовка к полевой работе</b> (В. Д. Голубятников)		
Изучение района по данным прежних исследований		12
Выбор картографических материалов		15
Составление и утверждение проекта работ		15
Организация партии и обеспечение ее кадрами, оборудованием, снаряжением и транспортом		16
<b>Глава III. Методы и техника геологической съемки</b>		
Методы съемки (В. Д. Голубятников)		18
Особенности геологической съемки высокогорных районов (В. Н. Огнев и С. С. Шульц)		21
Особенности геологической съемки равнинных районов (А. В. Симонов)		22
Особенности геологической съемки горно-таежных районов (С. А. Музылев)		24
Особенности геологической съемки пустынных и полупустынных районов (Н. П. Луппов)		25
Техника полевой работы (В. Д. Голубятников)		26
Литература		32
<b>Глава IV. Съемка платформенных областей</b> (И. В. Высоцкий)		
Условия и методы исследований		33
Методика полевых исследований		35
Составление структурных карт		45
Геологическая съемка в солянокупольных районах платформенного типа		49
Литература		51
<b>Глава V. Наблюдения в складчатых областях</b> (С. А. Музылев)		
Составление стратиграфического разреза		53
Изучение кливажа (П. В. Соколов)		54
Изучение складчатых структур		57
Изучение тектонических контактов		62
<b>Глава VI. Наблюдения в областях развития осадочных пород</b>		
Вводные замечания (А. В. Хабаков)		68
Полевые наблюдения над составом и структурами осадочных пород (Л. Б. Рухин)		71
Наблюдения над особенностями и происхождением окраски осадочных пород (А. В. Хабаков)		92
Наблюдения над особенностями слоистости отложений (Е. П. Брунс)		98

504

Наблюдения над первичными особенностями поверхностей наложения (А. В. Хабаков)		107
Наблюдения над ориентировкой обломочных зерен и первичных включений (А. В. Хабаков)		113
Анализ ритмичности строения осадочных толщ (Е. П. Брунс)		120
Измерение и анализ мощностей отложений (А. В. Хабаков)		131
Наблюдения над первичными особенностями залегания осадочных толщ (А. В. Хабаков)		136
Наблюдения над стяжениями и некоторыми вторичными текстурами осадочных пород (А. В. Хабаков)		145
Наблюдения над ископаемыми остатками организмов как показателями условий отложения осадочных толщ		147
Растительные остатки (А. Н. Криштофович)		148
Остатки беспозвоночных (Б. П. Марковский)		152
Литература		158
<b>Глава VII. Наблюдения в областях развития магматических пород</b>		
Интрузивные породы (Н. А. Елисеев)		162
Изучение вещественного состава интрузивных тел		162
Структурное изучение интрузивных массивов		167
Систематика интрузивов на основе структурного анализа		174
Составление структурной карты		178
Приуроченность рудопоявлений к различным структурным элементам		181
Эффузивные породы и туфы (В. М. Сергиевский)		182
Изучение областей молодого вулканизма		182
Изучение областей древнего вулканизма		184
Полевое определение горных пород		184
Определение элементов залегания в эффузивах		186
Определение элементов залегания в туфах		189
Стратиграфическое расчленение вулканогенных толщ		190
Фациальный анализ вулканогенных отложений		192
Гипабиссальные интрузии в вулканических областях		194
Поисковые работы в области развития эффузивных пород		196
Литература		197
<b>Глава VIII. Наблюдения в областях развития метаморфических пород</b> (П. В. Соколов)		
Особенности метаморфических толщ		200
Задачи геологической съемки областей, сложенных метаморфическими толщами		202
Специальные наблюдения над метаморфическими породами		210
Микроструктурный анализ		217
Литература		222
<b>Глава IX. Поиски полезных ископаемых при геолого-съемочных работах</b>		
Геологические предпосылки для постановки поисков (А. С. Амеландов и Е. О. Погребницкий)		223
Прямые поисковые признаки		233
Косвенные поисковые признаки		240
Нанесение поисковых признаков на карты		255
Признаки для поисков месторождений важнейших полезных ископаемых		256
1. Месторождения меди (В. С. Домарев)		257
2. Полиметаллические месторождения (И. И. Князев и Н. Н. Курек)		262
3. Месторождения олова (М. И. Ициксон и В. Г. Соловьев)		267
4. Месторождения никеля (В. М. Сергиевский)		270
5. Месторождения молибдена (В. Г. Грушевой)		275
6. Месторождения вольфрама (А. П. Никольский)		277
7. Месторождения золота (Д. В. Вознесенский)		280
8. Месторождения платины (В. М. Сергиевский)		284
9. Месторождения ртути и сурьмы (В. Э. Поярков)		286
10. Месторождения железа (Н. Ф. Касаткин)		289
11. Месторождения хромита (П. М. Татаринов)		295
12. Месторождения марганца (А. В. Хабаков)		296
13. Месторождения слюды (П. К. Григорьев)		299
14. Месторождения графита (К. Н. Озеров)		303
15. Месторождения корунда (К. Н. Озеров)		305
16. Месторождения хризотил-асбеста (П. М. Татаринов)		308
17. Месторождения горного хрусталя (Н. К. Морозенко)		310
18. Месторождения флюорита (К. Н. Озеров)		313
19. Месторождения барита и виверита (К. Н. Озеров)		314

505

20. Месторождения бокситов (М. Ф. Викулова)	315
21. Месторождения минеральных солей (А. А. Иванов)	318
22. Месторождения борного сырья (А. А. Иванов)	320
23. Месторождения серы (А. К. Марков)	321
24. Месторождения ископаемых углей (Е. О. Погребницкий)	323
25. Месторождения нефти и газа (В. Д. Голубятников)	325
Литература	329

**Глава X. Шлиховое опробование при геологической съемке**  
(М. И. Ицксон)

Методика шлихового опробования	331
Промывка шлиховых проб и документация	338
Минералогическое изучение шлихов в поле	341
Составление шлиховой карты	342
Интерпретация некоторых данных шлихового опробования	345
Литература	350

**Глава XI. Применение геофизических методов при геологической съемке**  
(Л. Д. Берсудский)

Физические свойства горных пород	351
Определение мощности рыхлого покрова и выявление горизонтальных и пологопадающих контактов	356
Прослеживание крутопадающих контактов под рыхлым покровом	359
Прослеживание зон тектонических нарушений и минерализации как поисковых признаков	361
Краткие указания к использованию некоторых методов геофизики для первичной оценки месторождений	363
Литература	366

**Глава XII. Применение аэрометодов при геологической съемке**  
(И. И. Краснов)

Аэрофотооснова	367
Влияние ландшафтно-географических условий на возможность применения аэрометодов	372
Влияние покровных отложений, почв и растительности на дешифрирование геологических и геоморфологических элементов	373
Методы геологического дешифрирования (с участием В. П. Мирошниченко)	376
Приемы геологической съемки с применением аэрометодов	389
Аэровизуальные наблюдения	391
Литература	398

**Глава XIII. Геоморфологические исследования**  
(С. В. Эпштейн)

Задачи и объекты геоморфологических исследований	399
Общие и специальные приемы геоморфологических исследований	400
Обработка и обобщение геоморфологических наблюдений	420
Литература	427

**Глава XIV. Исследования четвертичных отложений**  
(С. В. Эпштейн)

Особенности четвертичных отложений и специальные методы их изучения	429
Изучение четвертичных отложений при геологической съемке разных масштабов	430
Генетические типы четвертичных отложений	431
Принципы и методы стратиграфического расчленения четвертичных отложений	439
Карта четвертичных отложений	449
Особенности картирования четвертичных отложений в поле	450
Некоторые особенности поисков полезных ископаемых в четвертичных отложениях	453
Литература	455

**Глава XV. Гидрогеологические исследования**  
(Н. И. Толстихин)

Задачи исследований	457
Программа наблюдений	458
Литература	465

**Глава XVI. Камеральная обработка**  
(В. М. Сергиевский)

Петрографическая и палеонтологическая обработка полевых материалов	467
Обработка дневников, карт и разрезов	472
Составление отчета	478

**Приложения:**

I. Приблизительные высоты	486
II. Поправки на температуру воздуха	487
III. Тригонометрические функции и длина дуг	488
IV. Определение истинной мощности	489
V. Перевод градусов долготы с одного меридиана на другой	491
VI. Определение истинной мощности и глубины залегания наклонных пластов	492
VII. Поправки угла падения при пересечениях, не перпендикулярных к простиранию пластов	493
VIII. Удельный вес разных материалов	494
IX. Перевод некоторых неметрических мер в метрические	495
X. Размеры образцов осадочных пород, отбираемых на лабораторные испытания и анализы	496
XI. Пересчет размеров образцов из керна на вес по длине и диаметру	498
XII. Паспорт на пробу воды	499
XIII. Анализ воды	501
XIV. Сводная таблица источников	503

Редактор *С. А. Музылев*

Редактор издательства *Е. И. Павлуцкая*

Техн. редактор *З. Н. Малек*

Корректор *А. Г. Покровский*

Сдано в набор 24/III 1953 г.

Подписано к печати 27/II 1954 г.

Формат  $70 \times 108^{1/16}$

15,88 бум. л.

43,48 печ. л. + 2 вкл.

Уч. изд. л. 45,0 + 2 вкл. — 0,4

Тираж 20 000 экз.

Заказ 670

Т—01768

Цена в переплете № 7 25 р. 15 к. в переплете № 5 24 р. 15 к.

Картфабрика Госгеолтехиздата