

Н. И. БУЯЛОВ

СТРУКТУРНАЯ  
И ПОЛЕВАЯ  
ГЕОЛОГИЯ

ГОСТОПТЕХИЗДАТ  
1953

Проф. Н. И. БУЯЛОВ

# СТРУКТУРНАЯ И ПОЛЕВАЯ ГЕОЛОГИЯ

(ОСНОВЫ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ  
И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ)

*Допущено Управлением учебных заведений  
Министерства нефтяной промышленности  
в качестве учебного пособия для техникумов*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
НЕФТЯНОЙ И ГОРНО-ТОПЛИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
Москва 1953 Ленинград



## АННОТАЦИЯ

В книге рассматриваются основные вопросы структурной и полевой геологии. В первой части излагаются общие и основные методы изучения форм ненарушенного и наклонного залегания слоев, основные понятия о типах тектонических нарушений; складчатые и разрывные нарушения, формы залегания магматических пород и основные типы тектонических зон.

Во второй части описываются методика и техника проведения полевых геологических исследований, рассматриваются некоторые специальные приемы геологического картирования, применение аэрофотосъемки для геологического картирования и излагаются основные этапы геологического исследования.

Книга является учебным пособием для учащихся нефтяных техникумов и может служить практическим руководством для геологов, работающих в области геолого-съемочных, поисковых и разведочных работ на нефть и газ.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Трудами советских ученых и огромной армии рядовых полевых геологов, занимающихся поисковыми, разведочными и геолого-съемочными работами, советская геология, в том числе полевая и структурная, уже давно вышла на первое место в мире, что признано и зарубежными геологами в их многочисленных выступлениях на XVII, XVIII и XIX сессиях международного геологического конгресса, происходивших в Москве (XVII сессия в 1937 г.), Лондоне (XVIII сессия в 1948 г.), Алжире (XIX сессия в 1952 г.).

Огромные достижения советской геологии, обеспечившие ей ведущее положение в мире, являются следствием преимуществ нашей социалистической системы хозяйства, результатом повседневного руководства армией советских геологов Коммунистической партией и Советским правительством, неустанной заботы партии и правительства о развитии геологических работ в нашей стране.

Придавая огромное значение геологическому изучению недр нашей страны, Коммунистическая партия и Советское правительство поставили перед советскими геологами задачу мобилизации недр Советского Союза на службу народному хозяйству и всемерно помогают геологам в их большом и напряженном труде.

В директивах XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 гг. съезд принял решение: «... 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».

Советские геологи-нефтяники за годы пятилеток открыли сотни новых нефтяных и газовых месторождений и в том числе богатейшие залежи нефти на морских площадях Азербайджана, в Туркмен-

ской ССР, в Краснодарском крае, в девонских и каменноугольных отложениях Башкирии, Татарии, Среднем и Нижнем Поволжье, в Приуралье и других районах.

Большое значение приобрела новая нефтяная база на востоке нашей страны — Второе Баку. На путь широкого развития вступили районы Северного Кавказа, Средней Азии, Западного Казахстана и др.

Задание послевоенной пятилетки по добыче нефти выполнено досрочно. Этому немало способствовало открытие ряда новых крупных месторождений в годы четвертой пятилетки.

Выполнение директив XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 годы поднимает советскую геологию на еще более высокий уровень, обеспечит дальнейший еще более мощный расцвет всех отраслей нашего народного хозяйства в том числе и нашей нефтяной промышленности.

## ВВЕДЕНИЕ

Наша страна располагает колоссальными нефтяными и газовыми ресурсами, и основной задачей геологов-нефтяников является раскрыть побыстрее все эти естественные богатства недр и привлечь их на службу нашей социалистической Родине.

С древнейших времен Россия славилась своими рудознатцами, предшественниками современных геолого-разведчиков, которым было положено начало изучения геологического строения нашей страны.

Использование для хозяйственных и оборонных целей различных полезных ископаемых содействовало накоплению практических познаний в области их поисков. Накопившиеся знания и опыт получили отражение в русских летописях XI—XVI вв. и в писцовых книгах XV—XVII вв. К концу XVI в. был накоплен уже очень большой материал, который необходимо было суммировать и обобщить. К началу XVII в. была составлена общегосударственная карта «Большой чертеж», в приложении к которой («Книга Большому чертежу») наряду с географическими сведениями были приведены данные и о полезных ископаемых. В XVIII в. эта «Книга Большому Чертежу» была издана под названием «Древняя Российская Идрография».

В 1584 г. в Москве был основан «Государев приказ каменных дел», в задачу которого входили поиски и разведка месторождений строительного камня.

Первым рубежом истории геологических знаний у нас в России могут служить даты возникновения регулярной организации поискового дела и научной литературы, совпадающие с рубежом XVII и XVIII столетий<sup>1</sup>.

Первоначальный период истории геологических знаний с 1700 по 1727 г., от организации Рудокопного Приказа до появления первого русского научного журнала «Примечания», можно назвать периодом поисков руд в петровское время.

Из имеющихся фактических материалов, относящихся к 1713—1724 гг., известно, что Петр I придавал большое значение развитию горного дела в России и особое внимание уделял нефти. Он проявлял большой интерес к возможности организации ее добычи

<sup>1</sup> Хабаров А. В. Очерки по истории геолого-разведочных знаний в России, ч. I. Материалы для истории геологии. МОИП, 1950.

не только в Баку, но и в новых местах в связи с возрастающим тогда спросом на нефть внутри страны, а также предполагаемых возможностей экспорта.

Петром I всячески поощрялись поиски нефти на основе изучения геологического строения. Примером этого может служить донесение в Берг-Коллегию (Горный департамент) сведений о нахождении нефтяного ключа на р. Ухта.

Петр I не раз в своих указах призывал повсеместно искать полезные ископаемые для блага русского государства. Вот выдержки из одного петровского указа: «Понеже мы всемилоостиво усмотрели, что от рудоконных заводов и прилежного устройства оных земля обогатет и процветает, также пустые и безлюдныя места многолюдством населяются.... Наше же Российское Государство перед многими иными землями преизобилует и потребными металлами и минералами, благословенно есть»<sup>1</sup>.

Петр I организует многочисленные экспедиции для поисков различных полезных ископаемых. Так, например, в 20-х годах XVIII в. были посланы специальные экспедиции для разведки каменного угля в Подмосковный и Донецкий бассейны. С Петровской эпохой в России связан небывалый до тех пор в мире подъем горной и металлургической промышленности. В 1710 г. был создан «Приказ рудных дел», занимавшийся поисками, разведкой и разработкой месторождений полезных ископаемых. К середине XVIII в. Россия далеко опережает Западную Европу по объему горной промышленности.

Рост горной промышленности вызвал интенсивное развитие поисковых методов и методов геологического картирования.

На смену первому периоду организации геологических поисков пришло величайшее по своим достижениям время с главенствующей в истории русской науки ролью нашей Академии наук (1728—1774 гг.). Этот период можно назвать ломоносовским или периодом академических путешествий.

Великое богатство, накопленное многовековым народным опытом, воспринял М. В. Ломоносов — великий гений русской нации и русской культуры, который первый взглянул на землю глазами ученого. Он положил начало изучению геологического строения нашей великой Родины и с увлечением занимался такими науками, как геология, минералогия, химия и др. В его блестящих сочинениях отражено глубочайшее значение геологических идей для истинно научного мировоззрения человека и значение геологических знаний для освоения природных минеральных богатств. Ломоносов дал нашему народу первые, замечательные для своего времени трактаты и руководства по всему циклу геологических наук. Плоды полевых наблюдений и записей М. В. Ломоносова как полевого геолога (1740 г.) находим во многих его сочинениях. Целые страницы в «Первых основаниях металлургии», в



*М. В. Ломоносов*

<sup>1</sup> Хабаков А. В. Очерки по истории геолого-разведочных знаний в России, ч. 1. Материалы для истории геологии. МОИП, 1950.

«Слове о рождении металлов от трясения земли» и «О слоях земных» заключают такие описания разрезов и месторождений, которые не оставляют сомнения в том, что они взяты не из книг, а наблюдались воочию самим автором.

В 1763 г. М. В. Ломоносов опубликовал свою книгу «Первые основания металлургии или рудных дел», в которой указал способы поисков полезных ископаемых — «краткое наставление о рудных делах», чтобы соотечественники его «вникнули разумом и рачением в земные недра, к большему приращению государственной пользы».

Геологические идеи М. В. Ломоносова с наибольшей полнотой раскрыты в сочинении «О слоях земных». Описывая геологические явления, минералы, горные породы, он обращает исключительное внимание на полезные ископаемые, имея в виду их практическое использование.

Много внимания М. В. Ломоносов уделяет описанию залежей и происхождению торфа и угля, упоминая о нефти и горючих сланцах. Органическое происхождение этих полезных ископаемых для него несомненно. М. В. Ломоносовым впервые произведена разгонка ухтинской нефти. Говоря о разгонке этой нефти, он указывал: «Известно из химических опытов, что таких разных материй перегонка когда крутым огнем производится, масло выходит черно и густо; напротив того, от легкого огня — светло и прозрачно».

Глубокое изучение минералогии и геологии, знание свойств и происхождения минералов и горных пород — для М. В. Ломоносова прежде всего необходимая научная база для поисков полезных ископаемых. Энтузиазм патриота, страсть ученого, вдохновение поэта звучат в его словах:

«Пойдем ныне по своему отечеству, станем осматривать положение мест, и разделим к произведению руд способных от неспособных... 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».

Всемерно стремясь приложить научные знания на пользу народа и государства, М. В. Ломоносов не ограничивается изложением геологических идей, описанием минералов, — он составляет первое на русском языке руководство по разведочному и горному делу. Тщательно описав рудные и нерудные полезные ископаемые, М. В. Ломоносов дает правила для ведения поисковых и геолого-разведочных работ. При этом он не ограничивается только теоретическими исследованиями в области геологии, но указывает также на возможность их практического применения.

М. В. Ломоносову принадлежит первая схема геологической карты Европейской части России с обозначением на ней известных полезных ископаемых.

М. В. Ломоносов последовательно и сознательно пользовался анализом современных геологических процессов и явлений как ме-

тодом научного описания ископаемых памятников геологического прошлого.

С течением времени все ярче обнаруживается, что в своем анализе отдельных геологических фактов и вопросов М. В. Ломоносов не только опередил своих современников, но и подошел очень близко к истокам развития взглядов новейшей геологии.

Период XVIII в. является также началом в деле подготовки отечественных специалистов в области горно-поискового и разведочного дела. Во второй половине XVIII в., главным образом с 1760—1770 гг., в горно-разведочном деле у нас и за границей произошли чрезвычайно крупные положительные сдвиги по части улучшения приемов разведок, методов и способов распознавания минералов и руд. Расширилась область технологического применения ископаемых, появился спрос на такие виды сырья, как нефть, каменный уголь и др.

Первые горные училища были основаны в 1713 г. в Олонце, в 1721 г. в Кунгуре и Уктусе на Урале. Преподаватели и ученики этих училищ не только вели поиски и разведки месторождений на Урале и в Сибири, но участвовали в геологических съемочных и картографических работах, вели метеорологические наблюдения.

В 1779 г. было основано Алтайское горное училище, в котором в 1780 г. зародилась русская школа геологического картирования. В 1774 г. в Петербурге было открыто высшее горное училище, превратившееся затем в Горный институт (ныне существующий ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Ленинградский горный институт). Здесь в числе предметов в старших классах преподавалась «подземная геология», в которой излагались основы структурной геологии.

Ценные вклады в познание геологии и естественных богатств нашей страны сделали русские академики — С. П. Крашенинников и И. Г. Гмелин. Солдатский сын С. П. Крашенинников, один из первых русских академиков, прославился своими геологическими исследованиями Сибири и Камчатки. В 1733 г. вместе с И. Г. Гмелиным С. П. Крашенинников отправился в камчатскую экспедицию. Плодом этой экспедиции явились замечательные труды: «Описание земли Камчатки» С. П. Крашенинникова и «Путешествие через Сибирь» И. Г. Гмелина. В этих трудах, ставших ныне классическими, большое место отведено геологическому строению и методам геологических наблюдений.

В 1765—1774 гг. проходили знаменитые академические экспедиции. В них принимали большое участие русские ученые: И. И. Лепехин, П. Я. Озерецковский, Н. П. Рычков, П. С. Паллас, С. Г. Гмелин. Эта группа обследовала огромную территорию: Южный Урал, Алтай, Минусинский, Нерчинский, Астраханский края, Прибайкалье, Закавказье. Эти экспедиции, всесторонне изучая земли, по которым они проходили, принесли много пользы в познании недр. Однако все же надо отметить, что до 40-х годов XIX столетия эти работы дали лишь скудный и отрывочный геоло-

гический материал, заключавшийся в изучении только отдельных районов.

1780—1790 гг. являются периодом зарождения нового способа наблюдений горных пород путем прослеживания пластов и геологических тел по простиранию прямо на местности и нанесением на карту выходов горизонтов или границ пород. Возникает «геогностическая топография» (геологическое картирование), положившая начало новому направлению в геологии.

Ярким свидетельством достигнутой в конце XVIII в. высокой степени развития геолого-разведочных знаний в России является рукописная геогностическая литолого-стратиграфическая карта Восточного Забайкалья в масштабе 1 : 120 000, составленная Дорофеем Лебедевым и Михаилом Ивановым в 1789—1794 гг. В основу этой карты были положены полевые съемочные работы Дорофея Лебедева по р. Аргунь и Михаила Иванова по р. Унда, в бассейнах рр. Урова и Угрюм-камень и в районе Шерловой горы. Эта литолого-стратиграфическая карта является одной из первых в мире геогностических карт.

В первой половине XIX в. образовались Минералогическое (1817 г.) и Географическое (1845 г.) общества. Эти общества энергично занимались изучением территории России, проводя в том числе и геологическое картирование. В 1825 г. был организован «Ученый комитет военного корпуса горных инженеров». Этот комитет начал выпускать старейший в России геологический «Горный журнал», который продолжает издаваться по настоящее время. В «Горном журнале» систематически публиковались геологические карты, статьи по геологическому картированию и поискам и разведке месторождений полезных ископаемых.

В начале XIX в. ведущей отраслью геологических наук стало геологическое картирование на основе изучения стратиграфии.

Период от появления первых печатных геологических карт (1826—1829 гг.) до учреждения Государственной геологической службы в России (1882 г.) можно назвать периодом первых печатных геологических карт России. Этот период, ознаменовавшийся экономическим и промышленным развитием России, характеризуется также ростом геологических исследований, которые стали особенно значительными после организации Геологического комитета (1882 г.).

Вся деятельность Комитета носила в значительной мере академический характер и в целом сводилась к производству геологической съемки. Геолого-съемочные работы, проводимые геологами Комитета, преследовали преимущественно решение вопросов теоретической геологии.

До революции работа Геологического комитета сводилась главным образом к так называемой десятиверстной геологической съемке, т. е. к составлению геологической карты в масштабе 1 : 420 000. По своему замыслу вся эта работа была весьма значительной, и нужно указать, что некоторые ее части (главным обра-

зом в научном отношении) сохранили свое значение до настоящего времени.

За 35 лет работы Геологического комитета (1882—1917 гг.) геологической съемкой было покрыто около 10% всей территории страны. Главная часть геолого-съемочных работ была территориально сосредоточена в Европейской России. Национальные окраины, в том числе огромные территории горных областей Казахстана, Средней Азии и др., остались почти совершенно не затронутыми площадной геологической съемкой.

В итоге к 1917 г., несмотря на то, что мировая геология как наука к этому времени поднялась на значительную высоту, Россия оказалась геологически изученной в весьма слабой степени; 90% ее территории оставалось белым пятном. В дореволюционной России было издано несколько обзорных геологических карт страны. Одна из первых карт была напечатана в 1892 г. Это была тектоническая геологическая карта Европейской России в масштабе 1 : 2 520 000 (60 верст в дюйме). В 1897 г. обзорная геологическая карта этой же территории была издана в масштабе 1 : 6 300 000 (150 верст в дюйме). В 1915 г. геологическая карта Европейской России была снова опубликована в масштабе 1 : 2 520 000. Сводной геологической карты по азиатской части страны до революции не было, да она и не могла быть составлена, так как геологическая изученность России была весьма слабой.

Во всех этих больших для того времени работах принимали участие крупнейшие геологи-ученые, такие, как А. П. Карпинский, Ф. Н. Чернышев, И. В. Мушкетов, Н. А. Северцев, П. И. Андрусов, Г. Д. Романовский, В. Н. Вебер, В. А. Обручев, заложившие начало самостоятельной отрасли геологии, имеющей огромное практическое значение, — геологической картографии, известной в настоящее время как полевая геология или геокартинг.

К концу XIX столетия по геологии накопилось большое количество фактического материала, который был обобщен А. П. Карпинским.

А. П. Карпинский был страстным патриотом своей родины. Он многое сделал, чтобы обеспечить русской и советской геологии первое место в мире. Его блестящие исследования, в которых выведены важнейшие геологические закономерности, основываются главным образом на отечественном материале. Он всегда гордился успехами русской науки, и ему было чуждо всякое низкопоклонство и заискивание перед иностранными авторитетами.

Его работы, написанные свыше 50 лет назад, не утратили практического интереса и являются фундаментом наших современных знаний по важнейшим вопросам геологии.

Видное место в общегеологических работах А. П. Карпинского занимают геологические и палеогеографические карты.

До А. П. Карпинского для Европейской России имелась геологическая карта, составленная в 1845 г. английским офицером Мурчиссоном. Этот зарубежный гость наряду с геологическими

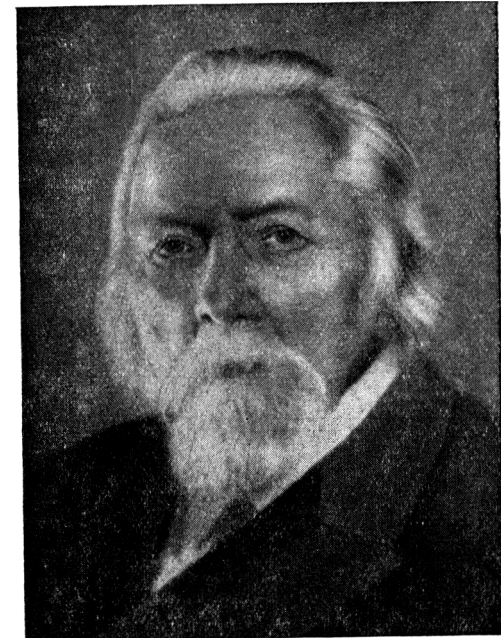
маршрутами осуществлял «специальные дипломатические поручения», за которые его щедро награждало английское правительство. Пользуясь гостеприимством и доверчивостью петербургских геологов, он собрал огромные материалы, добытые русскими геологами и горняками в течение XVIII в. и первой половины XIX в. Мурчиссон, мракобес и реакционер в геологических взглядах, ярый враг своих великих соотечественников Ляйеля и Ч. Дарвина, присвоил себе труды русских исследователей. Не утруждая себя ссылками на первоисточники, он опубликовал в Англии сводку по геологии России. В наслух составленной геологической карте Мурчиссона было много серьезных ошибок.

А. П. Карпинский внес много существенных исправлений и изменений в геологическую карту Европейской России. Позднее совместно с крупнейшими русскими геологами — С. Н. Никитиным, Ф. Н. Чернышевым и др. — он составил в масштабе 1 : 2 520 000 новую геологическую карту, которая была впервые издана в 1892 г. Эта карта до сих пор не утратила своего огромного практического значения.

А. П. Карпинский на этом не остановился. Он утверждал, что знаний расположения слоев теперь недостаточно; надо для выяснения закономерностей в распространении полезных ископаемых изучать процессы образования геологических напластований и структур в их историческом развитии.

Для того чтобы выяснить геологическое развитие Европейской России, А. П. Карпинский составляет свои палеогеографические карты, изображающие очертания морей и суши в минувшие геологические периоды, и впервые осуществляет анализ геологического развития столь крупной территории.

Замечательным научным обобщением А. П. Карпинского является его работа «Очерк физико-географических условий Европейской России в минувшие геологические периоды», впервые опубликованная в 1887 г. и послужившая основой учения о геологическом строении СССР, развитого в последующие десятилетия многочисленными учениками А. П. Карпинского.



*А. П. Карпинский*

На основе обобщения огромного (по тому времени) фактического материала и данных по распределению суши и морей, сведенных в палеогеографических картах, А. П. Карпинский выясняет общие закономерности движений земной коры. В 1894 г. он публикует статью «Общий характер колебаний земной коры в пределах Европейской России». В своем анализе он отделяет основные, наиболее значительные движения от второстепенных и несущественных.

При изучении этой темы А. П. Карпинский впервые применил метод тектонического анализа (т. е. анализа историко-геологических изменений структуры земной коры), который в дальнейшем был развит советскими геологами в структурной геологии.

Устанавливая общую историко-геологическую закономерность появления крупных изгибов земной поверхности, А. П. Карпинский отмечает, что мелкие изгибы слоев (купола и антиклинали) находятся в связи с крупными изгибами, расположенными по территории морей. А. П. Карпинский устанавливает далее важную закономерность соответствия направления мелких антиклиналей направлениям береговых линий древних бассейнов. Для обоснования такой закономерности А. П. Карпинский обобщил все материалы и в 1892 г. составил первую тектоническую карту Европейской России. Эта карта послужила основой для последующих, более детальных карт того же типа, широко применяющихся в настоящее время. Огромное практическое значение этой закономерности в полной мере было оценено через много лет в связи с поисками нефти в европейской части СССР.

Можно с уверенностью сказать, что А. П. Карпинский дал гениальный синтез всего известного к тому времени материала по геологии европейской территории России. Его обобщающие работы являются величайшим достижением русской геологической мысли дореволюционного периода, а методика их проведения и обработки — основное руководство, обеспечившее развитие этой отрасли прикладной геологии — структурной геологии.

А. П. Карпинский, наследуя лучшие традиции русской геологической науки XVIII и начала XIX в., прославил себя не только как крупнейший исследователь и теоретик, определивший развитие геологических наук на многие годы вперед, но и как великодушный организатор геологической службы. С 1882 г. А. П. Карпинский принимает деятельное участие в работах Геологического комитета России — одного из самых авторитетных геологических учреждений мира, а с 1885 г. становится его директором.

Главным научным наследством А. П. Карпинского являются воспитанные им поколения геологов, созданная им мощная школа русских и советских геологов (И. М. Губкин, А. П. Павлов, Д. В. Голубятников, А. Д. Архангельский, В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман, В. А. Обручев и др.).

Много «белых пятен» на геологической карте нашей Родины стер акад. В. А. Обручев.

Из выдающихся научных исследований В. А. Обручева прежде всего должны быть отмечены исследования Востока (с 1892 по 1909 г.). Его работы в Центральной Азии, в северном Тянь-Шане и восточном Тянь-Шане до сего дня служат единственным источником для ознакомления с геологическим строением этих стран. В этих исключительных по сложности работах В. А. Обручев проявил себя не только как опытный геолог, но и как выдающийся географ, снискавший себе здесь мировую славу, поставившую его в один ряд с замечательными русскими исследователями — Н. М. Пржевальским, Г. Н. Потаниным и П. П. Семеновым-Тянь-Шаньским.

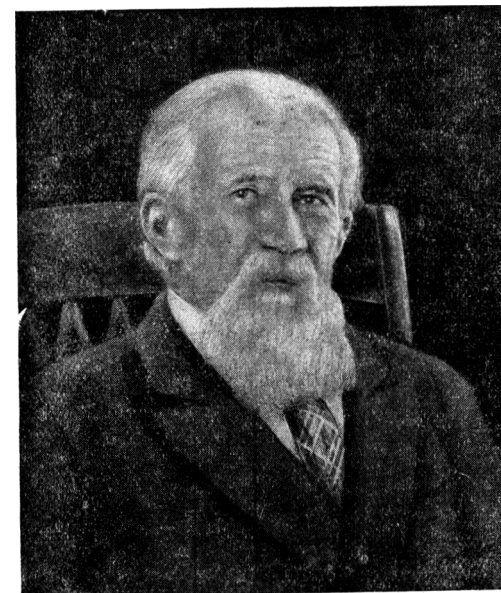
Подобно А. П. Карпинскому В. А. Обручев является геологом-энциклопедистом; его исследования посвящены вопросам динамической геологии, стратиграфии, тектоники, полевой геологии, полезных ископаемых, четвертичной геологии и популяризации геологических знаний.

Важнейший раздел геологии, имеющий большое практическое значение, названный полевой геологией, был создан В. А. Обручевым и, начиная с 1906—1907 гг., читался им в Томском технологическом институте.

В послереволюционные годы деятельность В. А. Обручева еще более расширилась. Все геологические разведки за годы истекших пятилеток проходили при научном руководстве В. А. Обручева, возглавлявшего с 1929 г. Геологический институт Академии наук СССР.

А. Д. Архангельский свою геологическую деятельность начал с 1902 г. в районах Поволжья и Заволжья. Его полевые исследования заключались в геологическом изучении Саратовской, Самарской, Симбирской и Пензенской губерний, на Общем Сырте и в Самарском Заволжье, частью в Костромской, Курской и Черниговской губерниях.

А. Д. Архангельский явился одним из инициаторов составления геологической карты Европейской России масштаба 1 : 1 000 000.



*В. А. Обручев*



Особенно ярко все дарования А. Д. Архангельского смогли выявиться только после Великой Октябрьской социалистической революции. Он первый в СССР выполнил огромную работу по региональной геологии, создав единственную, объединенную одной научной идеей сводку по геологическому строению СССР.

Знаменитый геолог академик И. М. Губкин принадлежит к числу наиболее выдающихся русских и советских ученых.



*А. Д. Архангельский*

В этом районе была открыта богатейшая нефтяная провинция с весьма значительным количеством нефтяных и газовых месторождений.

Уже в самые первые годы научной деятельности И. М. Губкина широко проявилась характерная черта его как ученого: сочетание широких научных прогнозов и обобщений с плодотворными практическими выводами.

Разработка нового метода картирования на основе построения карт подземного рельефа нефтеносных недр выдвинула И. М. Губкина в число ведущих и крупнейших ученых в области методики геологической съемки, поисков и разведок нефтяных и газовых месторождений.

Свою научную деятельность И. М. Губкин начал в Майкопском районе. Здесь он нашел свое истинное призвание выдающегося учено-геолога, стремившегося через всестороннее познание изучаемого частного вопроса к разрешению больших теоретических проблем крупного масштаба.

В результате его тонких наблюдений, созданных им методов геологических исследований в условиях нефтяных районов, кропотливого изучения всего фактического материала И. М. Губкин расшифровал весьма сложное геологическое строение Майкопского района, и ему обязаны тем, что

Такие детальные геологические работы, какие были произведены И. М. Губкиным, начиная с 1910 г. в Майкопском районе Северного Кавказа, продолжают оставаться до сих пор непревзойденными и сохранили не только свою научно-теоретическую ценность, но имеют большое практическое и методическое значение. В исследовании нефтеносных площадей Азербайджана работы И. М. Губкина, начиная с 1913 г., имеют исключительно важное теоретическое значение и оказали большое влияние не только на работы по развитию нефтедобычи на старых нефтепромысловых площадях, но и на поиски и разведки новых промышленных залежей нефти. И. М. Губкин первый установил условия залегания продуктивной толщи Азербайджана, которая содержит богатейшие в мире залежи нефти.

И. М. Губкин выявил основные черты и закономерности геологического строения нефтеносных недр Апшеронского полуострова и открыл здесь новые формы диапировой тектоники.

В 1932 г. на выездной сессии Академии наук СССР в Новосибирске И. М. Губкин внес предложение об организации поисков нефти к востоку от Уральского хребта — на Западно-Сибирской низменности, а также в Кузбассе. В настоящее время прогнозы великого ученого в отношении промышленных перспектив нефтегазоносности Кузбасса блестяще подтвердились.

Исключительно важна роль И. М. Губкина в создании новой нефтеносной базы — Второго Баку. В 1934 г. с трибуны XVII съезда нашей партии товарищ Сталин дал директиву: «Взяться серьезно за организацию нефтяной базы в районах западных и южных склонов Уральского хребта». С этого момента на обширных равнинах Приуралья и Волги были развернуты широкие геолого-разведочные работы.



*И. М. Губкин*



Но чтобы развернуть эти работы по созданию Второго Баку, надо было разработать методы поисков и разведок новых нефтяных месторождений на территории данной области, и в этом отношении огромное научное значение имеют указания и научные прогнозы И. М. Губкина, вооружающие нашу науку и практику наиболее передовой методикой геологических исследований.

И. М. Губкин является отцом русской нефтяной геологии, лучшим знатоком геологического строения нашей Родины и в особенности геологии нефтяных месторождений нашей страны и зарубежных стран.

В настоящем кратком очерке нет возможности детально осветить все геологические исследования дореволюционного периода по изучению геологического строения нашей страны, поэтому среди них отметим лишь некоторые.

Из таких работ следует назвать составление детальной геологической карты Донецкого бассейна (Геологический комитет, 1894 г.). Эта работа, имевшая большое практическое значение, оказала влияние на распространение основных тектонических понятий и методов полевой работы в сложных складчатых областях. К этой же категории работ принадлежат исследования, проведенные в нефтеносных районах Крымско-Кавказской области, такие, как «Остров Челекен» В. Н. Вебера (1909 г.), «Биби-Эйбат» Д. В. Голубятникова (1914 г.), «Геотектоника Керченского полуострова» Н. И. Андрусова, исследования К. И. Богдановича на Кавказе и др.

После Великой Октябрьской социалистической революции организация Советского государства и связанная с этим перестройка всего народного хозяйства обусловили необычайный, невиданный в истории рост промышленности и создание мощной индустриальной базы в короткие сроки.

Потребность молодой, бурно растущей промышленности в минеральном сырье вызвала необычайное развитие геологических работ и исследований самого различного направления.

Тысячи геологических отрядов, партий и экспедиций изучают недра земли.

Постоянно совершенствуется методика поисков и разведок. Если в 1926—1930 гг. разведки на нефть велись несогласованно, а подчас и кустарно, то уже к третьей пятилетке были выработаны единые методические установки, основанные на научно проработанной типизации нефтяных месторождений, учитывающие особенности отдельных районов.

На вооружение геологов поступила новейшая геофизическая аппаратура и самолеты, широкое распространение получили аэрогеологические приемы исследования. Большого развития достигли такие отрасли науки, как геофизика, геохимия, петрография, гидрогеология, почвоведение, сейсмология, которые тесно связаны с геологией.

Крупнейшим событием в историю развития советской геологии войдет государственный план опорного бурения, этого действен-

ного метода познания геологического строения глубоких недр нашей Родины и выявления тающих в них неисчислимых богатств разных полезных ископаемых.

Коренные преобразования осуществлены в методике и технике производства геолого-съемочных и разведочных работ путем создания мощного парка разнообразных буровых станков, электрификации и механизации горно-проходческих работ и широкого использования при геологических исследованиях автотранспорта, авиации, радиосвязи и подводных работ.

Геологические исследования во всех их стадиях и формах являются сложным комплексом, в котором глубокая теоретическая научно-исследовательская работа неразрывно связана с практикой поисков и разведок полезных ископаемых.

Первым этапом всякого рода поисковых и разведочных работ является изучение геологического строения земной коры в пределах исследуемого района. Ни одна буровая скважина, никакой другой вид разведочных работ не могут быть начаты до тех пор, пока разведчик не получит от геолога точных данных о геологической структуре района, о характере залегания горных пород в нем, о приуроченности того или иного полезного ископаемого к определенному горизонту горных пород, о геологической истории этого района.

Тщательное и систематическое геологическое изучение территории особенно необходимо в нашей огромной стране, представленной чрезвычайно разнообразными и сложными геологическими комплексами, имеющими различное геологическое строение, разный геологический возраст, не одинаковую геологическую историю.

Главным методом такого геологического изучения всякой территории и конкретным выражением его результатов является составление геологической карты отдельных исследуемых районов или страны в целом.

В основе создания такой карты лежит геологическое картирование на базе структурной геологии. Отсюда очевидно, что полевая геология является основным звеном в полном цикле не только при поисковых и разведочных работах, но также при проектировании различного рода инженерных и гидротехнических сооружений.

На современном этапе развития геологических исследований геолого-съемочные работы сопровождаются тематическими исследованиями, связанными с разрешением вопросов литологии, стратиграфии, битуминологии, петрографии, геохимии и ряда других.

Геологическая карта является научно обоснованным прогнозом возможности обнаружения в исследуемом участке земной коры тех или иных полезных ископаемых. Правильно составленная геологическая карта — это графическое выражение всей суммы наших знаний о геологии данного района, об этапах его геологической истории, о закономерностях образования тех или иных элементов, его структуры и полезных ископаемых.

# ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

## ОСНОВЫ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ

### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Структурная геология представляет собой один из основных разделов геотектоники и изучает строение земной коры — литосферы.

Основные задачи геотектоники заключаются в изучении истории развития структуры земли и установлении законов и движущих сил, управляющих этим развитием.

Структурная геология, иногда определяемая как морфологическая тектоника, самым тесным образом связана с практикой геолого-разведочных работ и находит свое применение при изучении каждой нефтяной залежи.

Описание конкретных, наблюдаемых в поле складчатых структур, разрывных нарушений является необходимой составной частью работы по геологическому картированию.

Все известные нам геологические процессы (как экзогенные — внешние, так и эндогенные — внутренние), которые происходят в литосфере, оказывают свое определенное влияние на горные породы и вызывают образование складок, трещин и другие изменения. При этом происходит не только образование, но и преобразование горных пород с изменением их состава.

Все это является объектом изучения структурной геологии. Роль последней как в теоретической геологии, так и практической работе исключительно велика. Например, при решении таких частных задач, как поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, особое внимание приходится обращать на выяснение взаимосвязи самого тела полезного ископаемого с вмещающими горными породами и на основании этого восстанавливать историю и последовательность развития геологических процессов на данном участке литосферы. При решении же задач регионального порядка структурная геология занимается обобщением и интерпретацией фактических материалов, накапливающихся в результате проведения геолого-съёмочных, поисковых и разведочных работ.

На основе изучения отдельных структур, наблюдаемых в пределах небольших площадей или районов, производится анализ и обобщение структурных форм строения крупных участков земной коры как в пределах целых горных систем и платформ, так и всей территории СССР в целом.

В тектонических исследованиях большое значение имеет применение историко-геологического метода. Сущность этого метода заключается в исследовании истории развития геологической структуры в связи с формированием образующих ее пород. Эта работа требует большого и разнообразного фактического материала. Главную роль играет здесь фациально-стратиграфический анализ с использованием литологических, петрографических, палеонтологических и других данных. Необходимы данные о изменениях мощностей, фаций, литологии, смене фауны, глубинах седиментационных бассейнов, современных движениях земной коры и т. д. При этом выясняются закономерности распространения формирования залежей, а также происхождение (генезис) полезных ископаемых. На этой основе должно определяться направление поисковых и разведочных работ.

Благодаря такому историческому изучению выяснены длительность формирования громадного большинства структур, возможность образования складок без проявления угловых несогласий, одновременность складкообразования и нарушений в различных участках земной коры, существование молодых (современных) тектонических движений и т. д.

При помощи структурно-исторического и структурно-геометрического анализов, созданных советскими геологами (А. Д. Архангельским, И. М. Губкиным, М. А. Усовым, Н. С. Шатским и др.), подкрепляемых широко развитыми геофизическими методами исследований, производится изучение глубинной тектоники, выясняется влияние ее на развитие и морфологию поверхностных дислокаций и восстанавливается геологическая история не только крупных тектонических областей (Русской платформы и др.), но и отдельных небольших районов и месторождений полезных ископаемых.

Морфологическая тектоника крупных пологих геологических структур, характерных для платформ, имеет особое значение при поисках нефти. Точный метод изучения платформенных структур, основанный не только на поверхностных наблюдениях, но и на данных бурения скважин — это метод стратизогипис. Этот метод широко использован для анализа структур больших площадей в исследованиях Н. С. Шатского, С. И. Миронова, К. Р. Чепикова и др.

Структурная геология тесно связана со всеми другими отраслями геологии. Среди последних общая или динамическая геология, историческая геология, стратиграфия, палеонтология, петрография, геоморфология и др.

В числе основных из них находится *стратиграфия*, изучающая последовательность геологических напластований. На основании изучения состава пластов (или слоев) и взаимного расположения содержащихся в них окаменелостей пласты (или слои) разделяются по возрасту на геологические группы и системы. Без знания этой отрасли геологии невозможно изучение структур, сложенных осадочными отложениями.

Палеонтология — наука об организмах (животных и растениях), живших до современной геологической эпохи, которые изучают по их остаткам и следам жизнедеятельности, сохранившимся в слоях земной коры. Палеонтология относится к группе биологических наук, но имеет большое значение для геологии, так как на основании ископаемых остатков организмов устанавливают относительный возраст и условия образования заключающих их горных пород.

Петрография занимается описанием пород, изучением их минералогического состава, структуры образования и т. д. Петрографические исследования особенно важны при изучении изверженных, метаморфических и осадочных пород, а также при поисках и разведке рудных полезных ископаемых.

В последнее время особенно большое значение приобрела геоморфология. Эта отрасль геологии, занимающаяся изучением взаимосвязи поверхностного рельефа участка с геологическим строением недр, крайне важна для полевого геолога при структурном анализе района.

Этим кратким перечнем не ограничивается взаимосвязь структурной геологии со всеми геологическими и другими науками, в том числе с такими, как геофизические методы разведки, геохимия, бурение скважин, горное дело, геодезия, маркшейдерское дело, начертательная геометрия, математика, механика и др.

Роль и значение структурной геологии особенно ясно определились после Великой Октябрьской социалистической революции, когда структурная геология выделилась и оформилась в виде самостоятельной научной дисциплины — основного раздела геологии.

Работы в области тектоники и особенно неотектоники до Октябрьской социалистической революции представляли собой редкое явление, что, несомненно, было связано со слабым развитием съемочных и геолого-разведочных работ. В советское время картина резко изменилась. Тектоника и тектонические исследования получили самое широкое развитие; в геологических отчетах тектоника стала такой же обязательной частью, как и стратиграфия. Особенно большая работа по созданию отечественной структурной геологии была проделана нашими учеными-геологами: А. П. Карпинским, А. Д. Архангельским, И. М. Губкиным, В. А. Обручевым, А. П. Павловым, М. А. Усовым и др.

Весьма значительные достижения в этой области принадлежат геологам нефтяных организаций<sup>1</sup>. Ими детально выяснена морфология огромного количества структур в Поволжье и Заволжье, в Приуралье, районах Второго Баку, на Украине и в Белоруссии, в Московской синеклизе, на северо-западе европейской части СССР.

Широкое распространение получил графический метод изображения структуры при помощи изолиний абсолютных отметок залегания какого-либо опорного горизонта, предложенный впервые

в СССР Д. В. Голубятниковым для нефтяных районов Апшеронского полуострова.

В итоге развития разведочного бурения по-новому представляется геологическое строение таких обширных территорий, как Западный Казахстан, западная часть Днепровско-Донецкой впадины и др., где установлено развитие соляно-купольной тектоники, характеризующейся интенсивным развитием складчатых и разрывных дислокаций.

В настоящее время установлено, что соляные купола на территории СССР имеют широкое распространение и отмечены (помимо перечисленных) в Вилуйской и Хатангской впадинах Сибири, Западной Украине и других районах.

Научные основы структурно-геологического изучения северо-запада Кавказа с Кубано-Черноморским нефтяным районом (Краснодарский край) были заложены И. М. Губкиным и имели руководящее значение для развития нефтяной промышленности района. Советские геологи-нефтяники (Г. А. Хельквист, М. И. Бальзамов и др.) развили научные идеи И. М. Губкина, расшифровали основные структурные элементы тектоники этой области. В итоге здесь открыто значительное количество весьма перспективных нефтяных месторождений.

Этим перечислением не ограничиваются достижения геологов-нефтяников в области структурной геологии. К ним надо отнести изучение трещин как простейших первичных дислокаций, являющихся путями миграции (перемещения) нефти и газа, так и факторами изменения пространственного размещения нефтяных и газовых залежей.

Наконец, объектами изучения структурной геологии являются молодые движения земной коры, наблюдаемые в четвертичных и современных отложениях. Молодые движения отмечаются не только в районах складчатых сооружений (Средняя Азия, Кавказ и пр.), но и на Русской платформе, Западном Казахстане и других областях.

Прогрессивная роль советских геологов в развитии структурной геологии достаточно ярко видна даже из этого краткого перечня, причем объектами изучения являются не только отдельные небольшие или крупные тектонические районы (как Русская платформа, Западная Сибирь и др.), но и вся территория Союза в целом.

<sup>1</sup> Акад. Д. В. Наливкин. Успехи геологических наук, Сб. «Советская геология за 30 лет». Госгеолиздат, 1947.

## Глава I

### СЛОИСТАЯ СТРУКТУРА В ЗЕМНОЙ КОРЕ

#### § 1. Осадочная оболочка и ее взаимосвязь с кристаллическим основанием и магматическими породами

Основным объектом изучения структурной геологии является земная кора, или литосфера, которая характеризуется большим разнообразием горных пород.

Все горные породы представляют собой минеральные агрегаты, которые получаются в результате деятельности тех или иных геологических процессов.

Совокупность геологических процессов может быть сведена к трем группам: вулканизму, денудационным и дислокационным процессам.

Соответственно этим группам геологических процессов различают три основные генетические группы горных пород: 1) магматические или изверженные; 2) осадочные и 3) метаморфические.

Источником образования всех горных пород является заключенная внутри земной коры огненно-жидкая масса, называемая магмой.

Магматические породы бывают либо излившиеся, либо глубинные в зависимости от того, происходит застывание магмы на поверхности или в земной коре.

Эта генетическая группа пород в толще литосферы занимает доминирующее значение, но в пределах самой верхней части земной коры господствуют осадочные породы.

Являясь результатом деятельности денудационных процессов, осадочные породы представляют довольно разнообразную группу, которая объединяется тем, что они являются продуктами разрушения первоначальных изверженных пород, последующего изменения химического состава и перераспределения минеральных элементов.

Особенности осадочных пород по сравнению с изверженными заключаются в нахождении во многих из них окаменелостей или отпечатков и в таком их минералогическом и химическом составе, который определенно говорит о невозможности образования их непосредственно из огненно-жидкой магмы.

По месту образования или применительно к тому денудационному процессу, который дал начало данной горной породе, осадочные породы разделяются на морские, речные, озерные, субэральные, ледниковые. Весь процесс накопления этих отложений происходит последовательно, но с перерывами, отсюда получается та характерная особенность для осадочных пород, называемая слоистостью, которая отличает их от пород изверженных, обычно массивных. Среди осадочных пород преобладают глины, затем песчаные и карбонатные образования.

Оболочка земной коры, сложенная осадочными горными породами, представляет самую верхнюю часть литосферы и по площади занимает 75% поверхности земли.

Распространение осадочной оболочки в глубину сравнительно незначительное — от нескольких метров до нескольких тысяч метров мощностью; только в прогибах земной коры — геосинклиналях — мощность осадочных пород достигает более 10—15 км. По весу осадочные породы составляют всего лишь 5% от общего веса земной коры в целом.

Между осадочной оболочкой и кристаллическим основанием земной коры, сложенным магматическими горными породами, наблюдается древняя кора выветривания.

Кора выветривания представляет собой поверхностный горизонт коренных пород, измененных физико-химическими и биологическими процессами. Мощность коры выветривания сравнительно невелика и составляет от нескольких десятков сантиметров до одной-двух сотен метров.

Учение о коре выветривания разработал Б. Б. Полюнов. Он различает три основные стадии эволюции коры выветривания.

Древняя кора выветривания, обычно красноцветная, распространена чаще всего на изверженных породах. Этот тип коры называется ортоэлювием.

Следующая стадия коры выветривания — параэлювий, и, наконец, наиболее молодая стадия — неоэлювий, который встречается и на продуктах переотложения осадочных пород.

Основные периоды образования коры выветривания (по Н. М. Страхову) падают на периоды пенепленизации, т. е. формирования эрозионной равнины.

Магматические породы, излившиеся или глубинные, по времени своего образования могут быть более поздними, чем породы осадочной оболочки. В этом случае магма прорывает осадочные отложения, образуя интрузии прорванного или пластового типа. При соприкосновении внедряющейся магмы с осадочными породами в последних протекает процесс контактного метаморфизма, т. е. происходит изменение структуры, минералогического, а иногда и химического состава осадочных пород под влиянием высокой температуры, большого давления и химического воздействия магмы. Видоизмененные породы называются метаморфическими. Метаморфические породы могут возникнуть и при региональном метаморфизме, тогда, когда осадочные или изверженные породы уже

## Классификация обломочных пород

(по Н. Б. Вассоевичу)

Наибольшие поперечные размеры частиц, мм	Наименование		Группа
	рыхлых пород	цементированных пород	
0,001	Глины (целиты)	Глины (аргиллиты)	Пелиты
0,001—0,01	Субалевриты	Субалевролиты	
0,01—0,1	Алевриты	Алевролиты	Пески или псаммиты
0,1—1,0	Пески (псаммиты)	Песчаники (псаммитолиты)	
1,0—10	Гравий	Брекчия	
10—100	Галька	Конгломерат	

после своего образования подвергаются сильным изменениям под действием высоких температур и давлений.

Последняя генетическая группа горных пород отличается от первых двух тем, что метаморфические процессы не создают новых пород, а лишь видоизменяют уже существующие изверженные или осадочные породы.

Разнообразие форм и взаимосвязей осадочных горных пород с магматическими представляется исключительно огромным, отсюда и обилие наблюдаемых петрографических разновидностей метаморфических пород. Распространение метаморфических пород по количественному значению занимает подчиненное положение по сравнению с другими генетическими типами, и образуются они главным образом или вблизи источников высокой температуры, или на значительной глубине, или в областях действия горячих подземных минеральных вод. Надо отметить, что метаморфизация осадочных горных пород приводит к ухудшению коллекторских свойств этих образований и служит отрицательным фактором для накопления в них нефти и газа.

## Основные сведения об осадочных породах

Среди осадочных горных пород различают три группы: а) обломочные, сложенные обломками различной величины, образовавшимися при физическом разрушении горных пород; б) глинистые, состоящие из продуктов химического и физического разрушения пород; в) химические и биохимические породы, возникшие в результате их химического осаждения из растворов или жизнедеятельности организмов.

Обломочные породы подразделяются по величине слагающих их частиц. Причем название породы определяется преобладающей группой обломков, составляющих не менее 50% от ее веса (табл. 1).

Глинистые породы являются переходными между типичными обломочными и химическими. Характерным признаком глин является их пластичность, т. е. способность массы влажной глины изменять под давлением свою форму и сохранять ее после устранения давления.

Глины подразделяются на собственно глины, размокающие в воде, и на аргиллиты (каменьподобные породы, не размокающие в воде, не обладающие пластичностью).

Осадочные породы химического и биохимического происхождения включают в себя карбонаты-известняки, доломиты, мергели, соляные породы, каустобиолиты, кремнистые, фосфоритовые и другие породы.

Определение условий образования осадочных пород имеет весьма важное значение для научного обоснования и направления геолого-съемочных и поисковых работ на нефть и газ. При изучении осадочных пород необходимо выяснить особенности истории их образования, т. е.

1) характер среды отложений (воздушная или водная);

2) физико-химические свойства среды отложений (степень солености, кислотности, содержания кислорода и др.);

3) характер движения среды отложений;

4) направление и скорость движения среды отложений;

5) физико-географические условия области образования осадков (климат, глубина моря и др.);

6) характер рельефа и геологическое строение области сноса;

7) геотектонический режим в эпоху формирования осадочных толщ.

Все эти факторы имеют не только теоретический интерес, но и большое практическое значение, так как позволяют геологу при поисках полезных ископаемых воспроизводить (восстанавливать) условия и обстановку накопления осадков. При изучении отложений надо помнить, что все осадочные горные породы в процессе своего образования претерпевают последовательно изменения от момента формирования осадка до преобразования в горную породу, наблюдаемую при геологических съемках в обнажениях. Схема последовательности основных стадий изменения осадка и породы (по Н. Б. Вассоевичу) представлена в табл. 2.

Основные стадии изменения осадка и породы

Стадии	Сущность происходящих процессов	Стадия заканчивается	Наиболее характерные и распространенные типы тектур
Предшествующая образованию осадка (прогенез)	Разрушение материнских пород — образование исходного материала для будущего осадка, его перемещение в атмосфере и рассортировка в пути	Выделением частиц осадков из атмос- и гидросферы на поверхность литосферы	—
Образование осадка (эпигенез)	Формирование осадка с момента прекращения механического движения его частиц и последующее его изменение под действием геохимических условий среды	Прекращением господства физико-химических условий, свойственных среде, и возникновением геохимических противоречий между ней и осадком	Отпечатки механических вторичных знаков — следы с борозд размыва и с механических паралин Отпечатки следов движения организмов. Выполнение трещин усыхания; отпечатки с углублений, образованных каплями дождя и т. д.; знаки ряби; слоистость и слеиватость
Преобразование осадка и образование породы (диагенез)	Завершение процессов физико-химического перераспределения в геохимических условиях, возникших в осадке в результате его изоляции от среды, из которой он вылез; завершение начального уплотнения; обезвоживания; преобразование осадка в породу	Изоляцией (большой или меньшей) среды осадка наполнения от других осадков. Образованием горной породы	Следы движения организмов. Трещины усыхания, отпечатки капель дождя и другие знаки временного осушения. Фукоиды (внутрислойные знаки). Оползание и оплавление осадков (реолитфы). Смещение по трещинам. Механическое внедрение в нижележащий осадок. Следы жизнедеятельности зарывающегося в ил бегемота
Изменение породы (катагенез)	Преобразование породы под влиянием возрастающей температуры, давления и др. в результате взаимодействия различных смежных пластов	Началом метаморфизма (по образованию пластов)	Ямки — вдавления на гальках и валунах. Сланцеватость (клевания)
Выветривание (гипергенез)	Изменение породы — разрыхление, гидротация, окисление и пр. — под влиянием поверхностных агентов, связанных с деятельностью атмосферы, гидро- и биосферы	Вовлечением разрушенного материала в движение и началом нового цикла осадкообразования	Карстовые воронки, карровые поверхности

## § 2. Слой как элементарная часть осадочной оболочки

В условиях геологической съемки в полевой обстановке геологу приходится сталкиваться со свитами пластов, слоев и пропластков, при этом часто такие термины, как пласт и слой, употребляются в одинаковом понимании, т. е. считаются равнозначными.

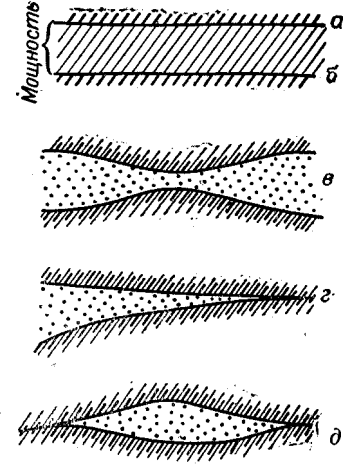
Слоем представляет первично обособленный осадок, образовавшийся в течение короткого промежутка времени в условиях относительного постоянства береговой линии; в нем возможны внутренние текстурные особенности, наличие слоистости, климатической и сезонной ритмичности («годовые кольца»).

В широком понимании слой представляет большой протяженности геологическое тело плоской формы, ограниченное двумя равновозрастными поверхностями и обособленное по своему вещественному составу и структурным и текстурным признакам от смежных слоев; определенное фаціальное образование, накопившееся в одну фазу седиментации; единицу геохронологии, геологически равнозначную на большой площади и большей части одновозрастную; элементарную форму в тектонике земной коры.

Пластом является любая небольшая группа слоев (или даже единичный слой), выделяемая по какому-либо одному или нескольким признакам, отличающим ее от смежных пластов. Обычно таким признаком может служить одинаковый цвет породы, постоянство литологического состава ее, характер зернистости или же наличие того или иного полезного ископаемого (нефти, угля и т. д.). Этот термин является широко распространенным рабочим термином, применяемым при детальном описании геологических разрезов.

Основными элементами слоя и пласта (фиг. 1) являются их плоскости соприкосновения с другими окружающими породами, которые называются плоскостями напластования.

В каждом пласте наблюдается наиболее древняя его часть, являющаяся стратиграфически нижней поверхностью, называемой подошвой пласта. Второй границей, самой молодой, являющейся стратиграфически верхней поверхностью, служит кровля его. Кратчайшее расстояние между плоскостями напластования является мощностью слоя (пласта). Уменьшение мощности



Фиг. 1. Элементы слоя (пласта).

а — кровля; б — подошва; в — переживание; г — выклинивание; д — линия.

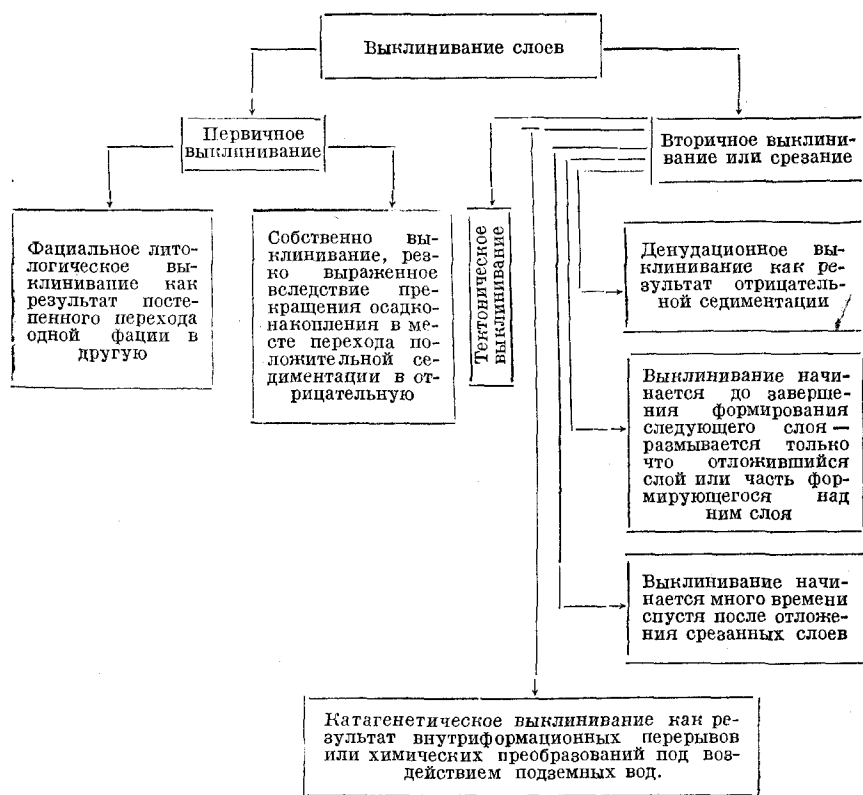
слоя или пласта, наблюдаемое на небольшом расстоянии, называется *перешимом*.

Если же уменьшение мощности сопровождается исчезновением слоя или пласта, то такое явление называется *выклиниванием*.

При изучении выклинивания выделяются: а) первичное, включающее собственно выклинивание, обусловленное локальностью распространения слоя (оно является результатом прекращения отложения осадков — седиментации), и выклинивание, связанное с фациальной изменчивостью; б) вторичное выклинивание как результат последующего размыва ранее отложенного слоя или пласта.

Каждому слою без исключения свойственен тот или иной тип выклинивания, общая схема которых приведена ниже.

Схема 1



Тонкий пласт, залегающий в толще мощных пластов, называется *пропластком* или *прослойком*. Среди слоистых пород наблюдается *микростойность*, которая представляет собой тонкую *стойность* и толщина отдельных слоев не превышает 2—3 мм.

Пласт, суживающийся на своих концах, называется *линзой* или *чечевицей*.

Совокупность пластов, сосредоточенных на сравнительно небольшом участке и мало отличающихся по своему возрасту или петрографическому составу, носит название *толщи*, *свиты* или *серии*.

### § 3. Типы слоистости

Для характеристики особенностей подавляющего большинства осадочных пород в практике полевых геологических наблюдений приходится отмечать ряд определенных признаков и свойств. К ним относятся такие, как слоистость, наложение и др.

*Слойность* — основная особенность осадочных горных пород и поэтому представляет большой интерес не только с практической, но и с теоретической точки зрения.



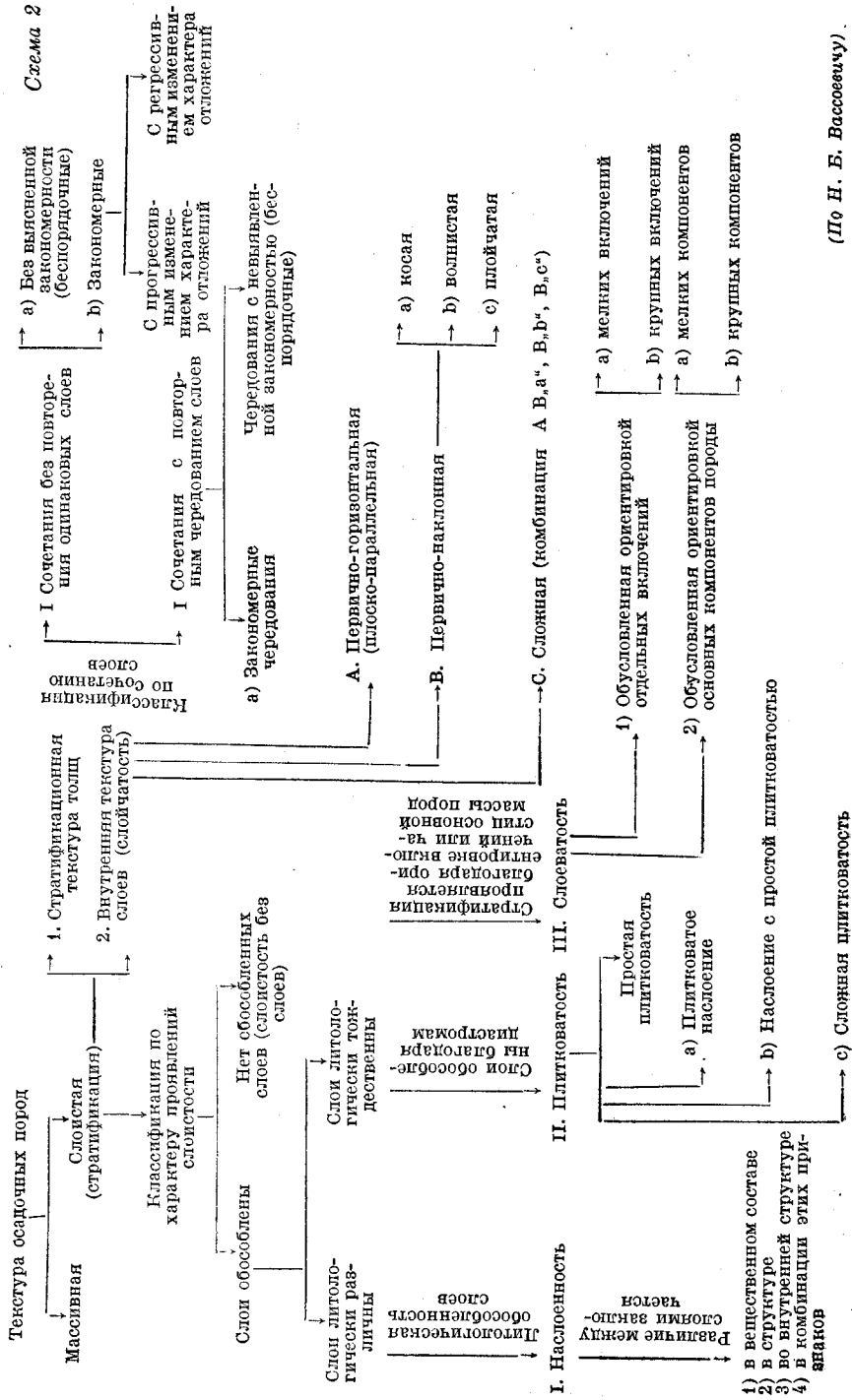
Фиг. 2. Слоистость во флишевой толще (эоцен).

*Слойностью* называется сложение осадочных пород из более или менее тонких прослоек, ограниченных параллельными поверхностями (фиг. 2). Слоистость образуется во время накопления осадков, отличающихся по своим свойствам (например, чередование глинистого материала с песком и др.).

Обращаясь к классификационной схеме сложности (по Н. Б. Вассоевичу), различаем *истинную слоистость* — текстуру толщ, основной единицей которой является слой, и *внутреннюю текстуру* слоя, или *слоичатость*, иногда называемую *ложной слоистостью*.

Слойность в однородной толще, обусловленная наличием в породах трещин отдельности (*диастром*), проходящих параллельно





(По Н. Б. Вассоевичу)

слоистости, называется первичной плитчатостью или плитчатостью.

Слойчатость (по определению Н. Б. Вассоевича) — это такая внутренняя текстура слоев, которая порождается мелкими пульсациями осадкообразующих факторов (например, колебаниями скорости придонных вод), свойственными той или иной единичной фации. В результате такой пульсации возникают слои и представляющие основные элементы слойчатой серии, имеющие горизонтальное или наклонное (косослойное) положение.

В отличие от этого типа текстуры слоя прослеживается еще другой тип внутренней текстуры, характеризующийся отсутствием слойков. Последняя представляется как бы недоразвитой слоистостью и проявляется, например, в конгломератах благодаря горизонтальному или наклонному положению плоских галек и валунов, в глинах и других породах вследствие горизонтальной ориентировки растительного детрита, конкреций и других включений. Такое тонкопластовое залегание осадочных горных пород, прослеживаемое на значительной площади (стратификация), или слоистость без обособленных слоев называется слоеватостью.

Если в полевых условиях на свежей поверхности излома породы слоистость обнаружить не удастся, то ее надо искать на выветрелых и разрушенных денудационными процессами породах.

При изучении слоистости внимание исследователя должно быть направлено на следующие признаки.

1. Характер проявления слоистости, выявляемый по признакам, приведенным в схеме 2.

2. Абсолютную мощность слоев. Выделяют слои массивно-слоистые мощностью больше 100 см, крупнослойные — от 100 до 50 см; среднеслойные — от 50 до 10 см; тонкослойные — от 10 до 2 см; листовато-слоистые — от 2 до 0,2 см; микрослойные — от 0,2 см и меньше.

3. Относительную мощность слоев. Среди них выделяют равномерно-слоистые, когда мощности отдельных слоев, составляющих свиту, мало отличаются друг от друга (максимальное отношение мощностей слоев не больше 2 : 1); умеренно неравномерно-слоистые (максимальное отношение меньше 5 : 1); весьма неравномерно-слоистые (максимальное отношение больше 5 : 1).

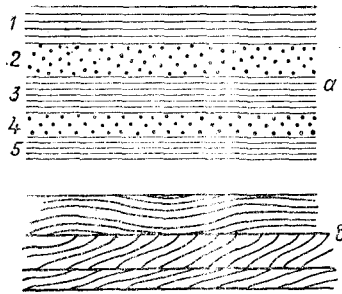
4. Резкость границ между слоями. На этой основе выделяют: резко разделяюще-слоистые свиты, в которых резко намечаются поверхности разделов между слоями; нерезко разделяюще-слоистые свиты, т. е. такие, в которых наблюдаемые поверхности разделов прослеживаются недостаточно четко; безразделяюще-слоистые свиты — в них нет определенных поверхностей наслоения и одни слои постепенно переходят в другие. Этот последний тип слоистости называется «слепым».

Границы между слоями весьма разнообразны. Типичные примеры приведены в схеме 3.





5. Сочетание слоев при тонкопластовом залегании (стратификации) толщ. Здесь выделяются такие разновидности, как отсутствие повторения одинаковых слоев и повторение или чередование одинаковых слоев (беспорядочное — с невыясненной закономерностью и закономерное — ритмичное).



Фиг. 3. Слойчатость.

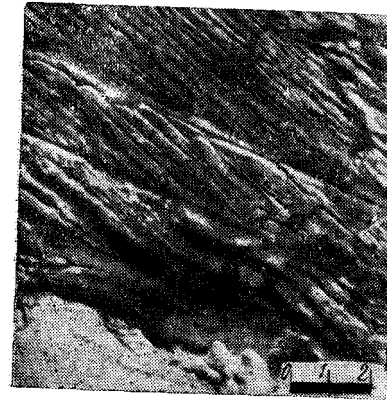
а — горизонтальная; б — волнистая; 1, 3, 5 — глина; 2, 4 — песок.

По условиям и причинам своего возникновения слойчатость бывает трех типов. Горизонтальная слойчатость, наличие которой свидетельствует об относительной неподвижности и покое среды отложений (глубоководные, морские осадки, озерные осадки и др.) (фиг. 3, а). Волнистая слойчатость появляется при движении, имеющем два различных или противоположных направления — волнения (приливы и отливы), в прибрежной мелководной зоне моря (фиг. 3, б).

И, наконец, косая слойчатость образуется при движении среды отложений в одном направлении и указывает обычно на течение водного потока (реки, морского течения) или движение ветра (фиг. 4).

Косая слойчатость представляет собой такую форму слойчатости, при которой серии чередующихся слоев (прямолинейной или криволинейной формы) располагаются под различными углами к плоскости напластования. Размеры косой слойчатости (длина и высота слоев) меняются в значительных пределах — от мельчайших единиц в алевроитах и тонких песках, видимых только под микроскопом, до отдельных единиц в несколько десятков метров мощностью, состоящих из грубых песков и галечников.

Среди различных морфологических типов косой слойчатости (или слойчатости) наибольший интерес в отношении восстановления палеогеографической обстановки накопления осадков (динамопалеогеографические исследования) представляют те, которые характеризуются однонаправленностью наклона слоев в отдельных их сериях. Наилучшие результаты получаются при изучении потоковой косой слойчатости, образующейся в результате однонаправленного движения придонных слоев воды в реках, во временных потоках и в различных бассейнах, в том числе и морских.



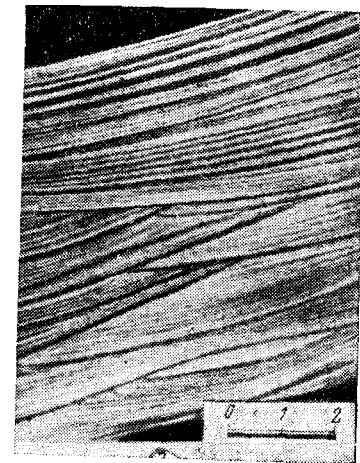
а



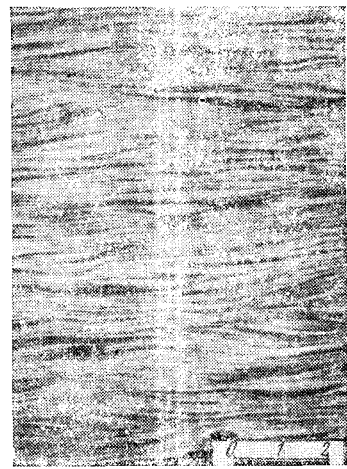
б



в



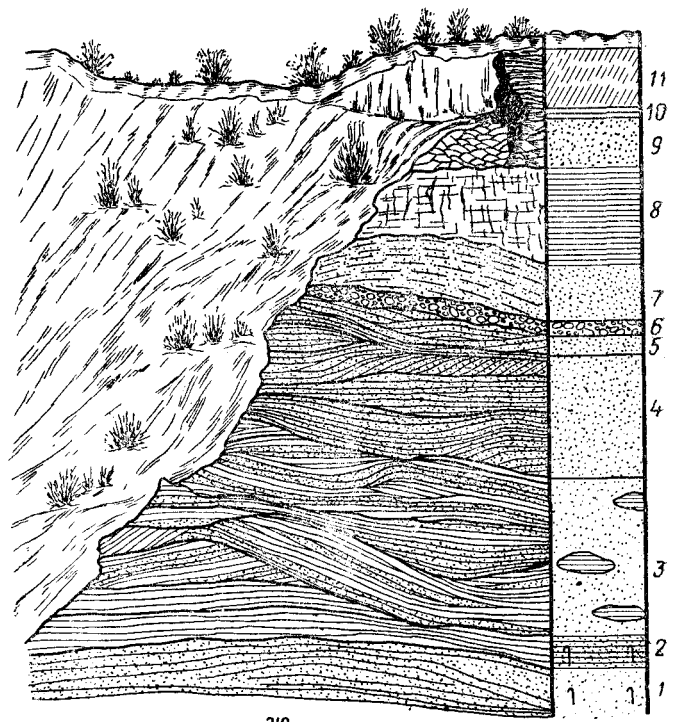
г



а



б



ж

Фиг. 4. Косая слоистость.

а — крупная, видны четыре серии слоев; б — детали характера слоев одной серии; в — носово волнистая слоистость; г — волнистая мелкая перекрестная слоистость со срезающими сериями; д — горизонтально волнистая мелкая слоистость; е — горизонтальная тонкая слоистость; ж — примеры косой слоистости в обнажении (порядок цифр указывает последовательность отложений).

Таблица 3  
Сопоставление особенностей различных типов косой слоистости, обусловленных различным характером водной среды отложения (по Л. Б. Рухину)

Основные факторы	Тип косой слоистости		
	речная	донных течений	прибрежная
Характер водной среды	Сравнительно быстрое, поступательное	Медленное, поступательное	Активное поступательно-возвратное (колебательное)
Движение воды	Речи с устойчивым руслом	Моря, крупные озера, реки с малым падением речного русла	Прибрежные участки морей и озер
Типичные физико-географические области образования данной типа косой слоистости	Песчаные и галечниковые отложения	Алевритовые и мелкозернистые песчаные породы	Песчаные отложения
Отличительные особенности косой слоистости	Дельтаметры, иногда метры	Дельтаметры и сангитметры	Дельтаметры
Характер косослоистости пород	В разрезе — параллельные и параллельные друг другу	Более или менее параллельные и параллельные друг другу	Всегда срезают друг друга; часто волнистые границы
Мощность косослоистости серий	До 30—40°	Обычно до 20—25°	Обычно до 20—25°
Границы косослоистости серий	В продольных разрезах косая слоистость, падающая в одну сторону и выходящая к основанию серий	В продольных разрезах косая слоистость, падающая преимущественно в одну сторону и часто выходящая к кровле и пологому склону	Перевернутая, а иногда мульдобразная слоистость
Величина углов наклона косых слоев	Обычно резко выражен	Хорошо выражен, иногда наклон направленный наклон	Наряду с преобладающим направлением наблюдаются и иные максимумы направления
Общий характер косой слоистости	Последовательное образование резко обособленных песчаных гряд	Последовательное образование гряд и не высоких гряд, дивизирующихся с небольшой скоростью	Поступательно-возвратное движение песчаных гряд
Наклон косых слоев и их пространственная ориентация			
Причины, вызывающие образование косой слоистости			

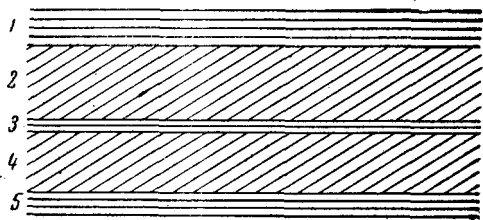
Для получения картины распределения течений (потоков) на площади и выявления господствующих направлений в отдельные моменты времени необходимо проследить пространственное положение наклона косых слоев и распределение их по площади и по разрезу отложений. Располагая этими данными, определяют первичные начальные направления и угол наклона косых слоев в момент их образования.

Наибольший интерес для палеогеографического анализа представляет определение направления (азимута) наклона косых слоев; меньшее значение имеет угол наклона, который замеряется транспортом непосредственно в поле.

Сопоставление особенностей различных типов косої слоистости (или слойчатости) с характеристикой основных элементов приведено в табл. 3.

#### § 4. Основные характерные признаки различных типов слоистости

При описании слоистости особое внимание должно быть обращено на общие характерные признаки и форму ее; так, например, наличие горизонтальной и косої слоистости свидетельствует об изменении условий образования отложений. Косослойчатые участки соответствуют периодам бурных дождевых потоков, работы ветра, деятельности моря, а тонкозернистые горизонтальные слои отвечают периодам относительного покоя среди отложений (возможно озерным отложениям) (фиг. 5).



Фиг. 5. Косослойчатые и горизонтальные слои.

2, 4 — перемежающиеся; 1, 3, 5 — с тонкозернистыми прослойками.

Однако форма слоистости и размеры ее не являются достаточными для определения происхождения природы слоя, поэтому необходимо иметь более полные сведения и по другим признакам.

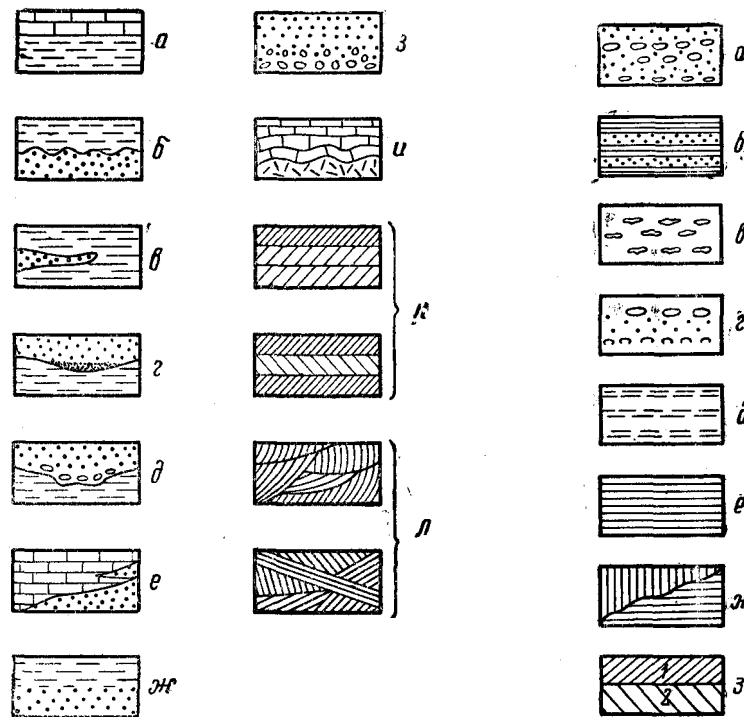
Все признаки, характеризующие слоистость как генетический фактор образования породы, подразделяются на три группы:

- 1) признаки, относящиеся к слоям;
- 2) признаки, свойственные сериям слоев;
- 3) признаки, указывающие, чем обусловлена слоистость.

В первой группе руководящим элементом является форма слоев. Слои бывают прямолинейные, криволинейные и волнистые. При этом они могут быть параллельными или расходящимися, причем границы слоев наблюдаются резкими, отчетливыми или характеризуются постепенным переходом. Сортировка зерен внутри

слоя представляется однородной или различной, с постепенной сменой материала, разнородной (фиг. 6).

Наиболее существенной является третья группа, зависящая от поступающего в осадок материала и указывающая, чем обусловлена слоистость (фиг. 7).



Фиг. 6. Форма слоев и их границы.

а — ровная резкая граница без следов перерыва; б — неровная граница с захоронением знаков ряби; в — первичное выклинивание наслоев; г — резкая граница — образование лавы песка в промине; д — резкая неровная граница с накоплением грубозернистого песка в промине; е — первичное выклинивание как результат прилегания; ж — постепенный переход песчаных отложений в глинистые (граница мало заметная и трудно различимая); з — постепенный переход от крупнозернистых к мелкозернистым (от псефита к псаммиту и алевроиту) породам — граница макроскопически не различимая; и — волнистая граница и постепенное выравнивание вышележащей части слоя; к — границы параллельные; л — границы взаимосрезающиеся.

Фиг. 7. Основные признаки, обуславливающие слоистость серий слоев.

а — изменение крупности зерна; б — чередование слоев различного состава; в — горизонтальная ориентировка частиц; г — расположение включений в одной плоскости; д — тонкая присыпка растительного детрита по слоям; е — тонкие плоскости раздела в однородной породе; жс — различная окраска породы; з — различный химический состав

(1 — вскипает и 2 — не вскипает с соляной кислотой).

Сюда относятся изменение крупности зерна, чередование разных слоев разного состава, горизонтальная ориентировка частиц, расположение в одной плоскости каких-либо включений (галек, конкреций, фауны), тонкая послойная присыпка растительного

детрита или слюды, тонкие глинистые пленки по слоевым швам, различная окраска породы, различный химический состав.

Каждая из перечисленных разновидностей отвечает определенной обстановке осадконакопления. Поэтому генетическое изучение пород обязательно связано с изучением слоистости, которая в комплексе с другими признаками (структурой, фауной, флорой, химическим составом и пр.) даст возможность изучать условия происхождения пород.

### § 5. Понятие о согласном и несогласном наложении

При решении основных задач структурной геологии одним из важнейших факторов для геолога является установление пространственных взаимосвязей отдельных свит горных пород между собой по возрасту, литологии, петрографическому составу и др.

Изучение условий и формы залегания горных пород, анализ их пространственного распространения являются основными объектами при геологических исследованиях. Эти наблюдения имеют чрезвычайно важное значение для выяснения времени и характера проявления вертикальных движений земной коры и смены их направления.

Формирование слоистых осадочных серий происходит на фоне колебательных движений участков земной коры при постоянно изменяющейся палеогеографической обстановке, отображающихся в изменении литологического состава накапливающихся пород. Этот процесс в результате возникновения локальных или региональных поднятий часто нарушается, дальнейшее накопление осадков прекращается и при участии денудационных процессов происходит разрушение ранее образовавшихся пород. При этом устанавливаются два основных типа соотношения пластов и формаций (или свит):

- 1) согласное наложение, выражающее непрерывность процесса накопления осадков;
- 2) несогласное наложение, выражающее перерыв в осадконакоплении.

Согласное наложение указывает на то, что в последовательности отложений осадков не было резких по характеру и длительных по времени перерывов.

При согласном наложении ограничивающие слои или пласты параллельны.

Если слои или пласты лежат горизонтально, относительно параллельны между собой и при этом соблюдается строгая стратиграфическая последовательность наложения, то такое положение пластов определяется как нормальное залегание в отличие от нарушенного, когда пласты или слои лежат наклонно или собраны в складки (фиг. 8).

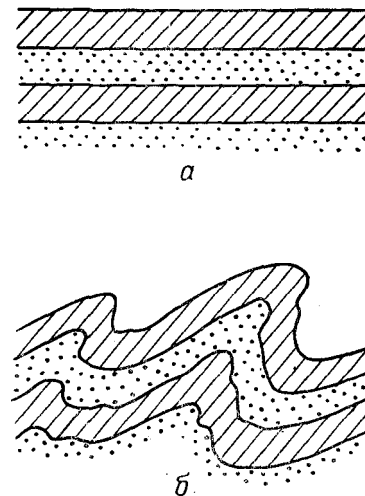
Однако не всегда пласты, залегающие между собой согласно, должны быть параллельными друг другу. Каждый пласт по своему пространственному распространению где-то кончается или фаци-

ально замещается и изменяет свой литологический состав. Характерными примерами такого своеобразного размещения осадочных отложений (по М. А. Усову) являются аллювиальные осадки, образующие более или менее выдержанные (по мощности и составу) слои, среди которых залегают русловые отложения, в виде отдельных линз, по форме и величине соответствующих руслам потоков (фиг. 9). Последние, находясь с окружающими породами в согласном залегании, блуждают среди речных долинных отложений, имеют неправильную форму и своеобразные очертания.

Согласно залегающие осадочные отложения нередко в своем первичном накоплении имеют наклонное залегание и характеризуются своеобразным наложением (например, дельтовые, эоловые и другие отложения).

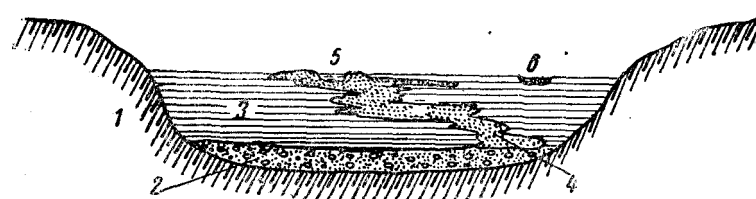
Несогласное наложение, наблюдаемое при решении задач структурной геологии, представляет важнейшим фактом для геолога, работающего в поле.

Это явление представляется как длительный перерыв в осадконакоплении и часто характеризуется развитием поверхности выветривания или эрозии. Поверхность несогласия между двумя комплексами горных пород представляет собой древнюю наземную



Фиг. 8. Нормальное и нарушенное залегание слоев.

а — слои, залегающие горизонтально;  
б — слои, собранные в складки.



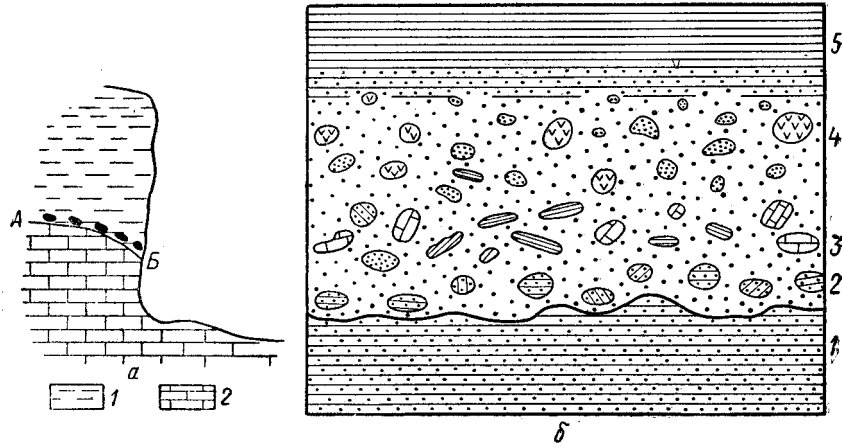
Фиг. 9. Пространственное размещение аллювиальных отложений в речной долине (схематический разрез по М. А. Усову).

1 — коренные породы; 2 — основной галечник; 3 — долинные отложения; 4 — русловые отложения; 5 — русло; 6 — временные (блуждающие) потоки в речной долине.

или подводную поверхность, на которой в первую очередь образовывался так называемый базальный конгломерат.

Несогласное наложение практически наблюдается как параллельное или угловое несогласие.

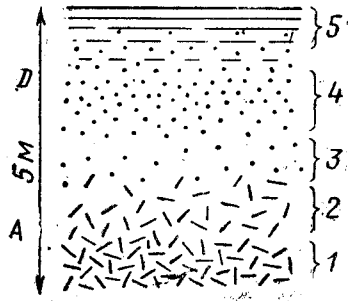
Параллельное или эрозионное несогласие выражается перерывом в серии пластов или слоев. При этом обе серии осадков залегают параллельно между собой, но значительно отличаются своим



Фиг. 10. Примеры параллельных несогласий.

*a* — параллельное несогласие, наблюдаемое в разрезе правого берега р. Москва в районе Дорогомилковой заставы (по А. А. Богданову): 1 — верхнеюрская глина, 2 — известники карбона, А—Б — шов или поверхность несогласия; *b* — параллельное несогласие между песчаниками девона 1 и глинистыми сланцами среднего карбона 5, 2 — обломки песчаника — основание базального конгломерата, 3, 4 — базальный конгломерат, обогащенный материалом, принесенным извне и глинистым сланцем.

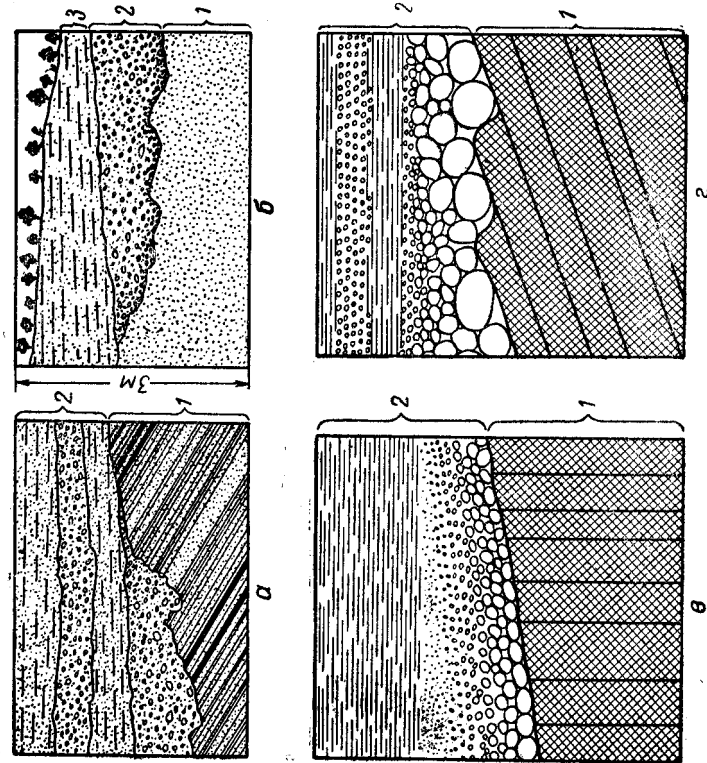
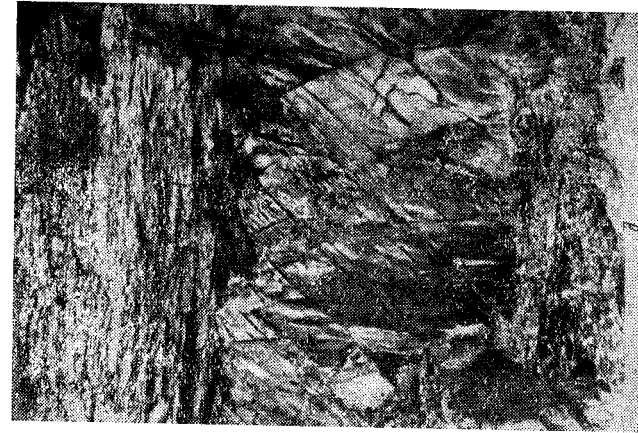
литологическим составом и палеонтологическими формами. Поверхность несогласия, иногда называемая швом, выражена резко и представляет собой древний рельеф со следами размыва, выветривания и наличием обломков пород нижней серии, называемых базальным конгломератом (фиг. 10).



Фиг. 11. Скрытое несогласие. А — докембрий; D — девон средный; 1 — массивный гранит; 2 — элловый гранита; 3 — аркозовый песчаник; 4 — песчаник; 5 — слоистый песчаник.

Скрытое несогласие является также параллельным. В отличие от предыдущего оно не имеет ясно выраженной поверхности несогласия и может быть установлено только путем изучения палеонтологических форм и петрографического состава (фиг. 11).

Угловое несогласие выражается перерывом в отложении и наличием более сложной дислокации в подлежащей толще, нежели в верхней перекрывающей. При этом поверхность несогласия имеет ярко выраженные следы развития денудационных процессов (фиг. 12).



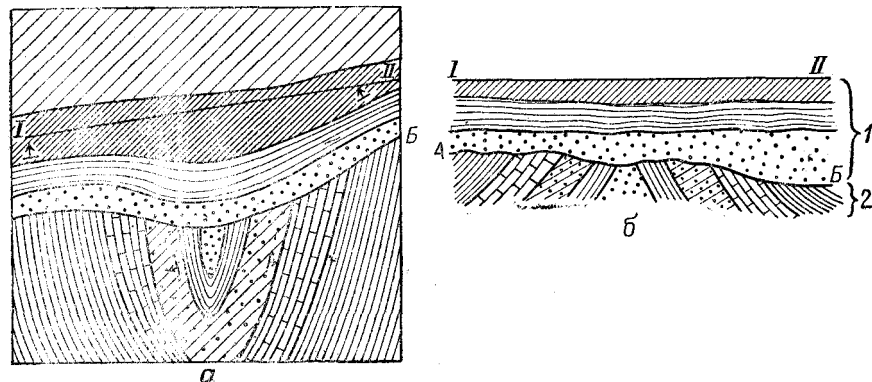
Фиг. 12. Угловое несогласие.

*a* — горизонтально залегающие алевроиты, песчаники и галечник, 2 перекрывают наклонно лежащие слои более древней серии осадочных отложений 1; *b* — разрушенный древний песчаник 1 несогласно перекрыт галечником 2, выше него залегают горизонтально залегающие алевроиты 3; *c* и *d* — базальный конгломерат 2 на докембрийском кварците 1 как показатель углового несогласия; *d* — типичный пример углового несогласия. Горизонтально лежащие известняки карбона несогласно залегают на песчаниках самура.

Угловое несогласие отчетливо отображается в условиях залегания слоев и наблюдается как местное — на небольшой площади, так и региональное, прослеживаемое на значительной территории. Детальное описание и изучение несогласий необходимы для восстановления хода истории тектонических движений.

Обратимся к практическому примеру.

Анализ соотношения слоев, изображенных на фиг. 13, (местное угловое несогласие), приводит к такой схеме последовательности процессов.



Фиг. 13. Угловое несогласное залегание двух свит.

а — план; б — разрез по линии I—II; 1 — молодая свита отложений, залегающая с пологим наклоном на северо-запад; 2 — древняя свита, смятая в складки; А—Б — поверхность несогласия.

Первоначально происходило общее прогибание, вызвавшее накопление осадков (свита 2); затем возникли складчатые движения, которые привели к образованию антиклинальной складки и затем к частичному размыву ее, т. е. к формированию поверхности несогласия.

В последующем этапе времени произошло новое погружение района и эрозивная деятельность прекратилась. Накопление отложений свиты 1 происходило в условиях нового водного бассейна.

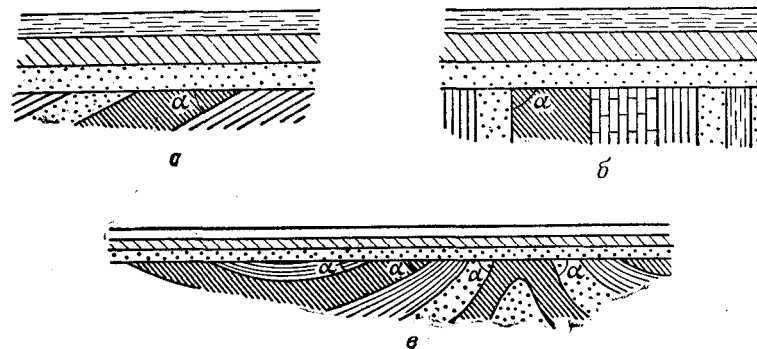
Из рассмотренного примера очевидно, что формирование несогласия охватывает эпоху, разделяющую время накопления свиты 2 от свиты 1, а конечная стадия развития несогласия соответствует времени, непосредственно предшествующему началу накопления свиты 1.

Поверхность несогласия, разделяя несогласно залегающие свиты, срезает под углом различные горизонты древней (нижней) свиты и проходит относительно параллельно границам отдельных горизонтов молодой (верхней) свиты.

Этот признак — один из важнейших для установления угловых несогласий при разборе и чтении геологических карт.

При использовании несогласия как критерия для определения последовательности напластования отложений и восстановления геологической истории района надо проследить линию контакта — поверхность несогласия — на значительном расстоянии и определить, какой из комплексов является наиболее древним (нижним) по возрасту или молодым (верхним).

При изучении углового несогласия большое значение имеет определение угла несогласия, который представляется как угол между кровлей дислоцированного пласта и срезающей его поверхности.



Фиг. 14. Изменение величины угла несогласия в зависимости от условий залегания свит и характера складок.

а — угол несогласия равен 45°; б — угол несогласия равен 90°; в — изменение численного значения угла несогласия над синклиальной и антиклинальной складками.

Численные величины этих углов колеблются в широких пределах и резко изменяются в различных участках складки, срезанной поверхностью несогласия. Особенно ярко это наблюдается при угловом несогласии регионального характера (фиг. 14).

Угловое несогласие часто выражается и в различии простираения контактирующих свит, которое также измеряется угловой величиной и называется азимутальным несогласием.

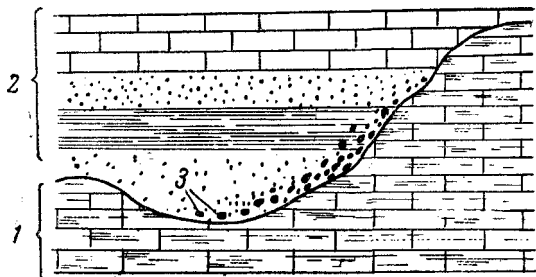
Часто в платформенных областях (и реже в складчатых) наблюдается, что комплекс покрывающих отложений несогласно налегает на различные стратиграфические свиты и горизонты без видимого нарушения параллельности напластования. Эта своеобразная форма несогласия с ничтожно малым углом несогласия представляется весьма широко распространенной и называется географическим несогласием. Наиболее ярким примером этого типа несогласия, имеющего региональное распространение, является эродированная поверхность докембрийского фундамента Русской платформы, на которой выше располагаются отложения нижнего палеозоя (силура, девона), установленные по последним данным глубокого бурения.



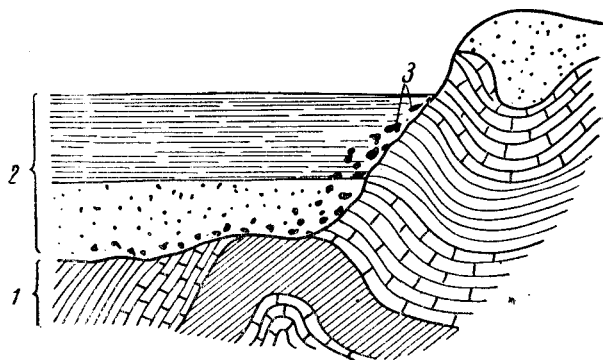
При наличии резких очертаний рельефа древнего комплекса осадочных отложений в первую очередь происходит заполнение пониженных участков и вдоль крутых склонов возможны различные случаи прилегания слоев.

Типами такого прилегания являются:

1) согласное, или параллельное (фиг. 15, а), и несогласное, или трансгрессивное (фиг. 15, б).



а



б

Фиг. 15. Типы прилегания слоев.

а — согласное прилегание слоев различного возраста: 1 — известняки девона, 2 — песчано-глинистые отложения верхнего карбона, 3 — базальный конгломерат; б — несогласное прилегание слоев различного возраста: 1 — свита складчатых древних отложений, 2 — молодые отложения, облегающие древние, в зоне прилегания проследен базальный конгломерат 3.

Согласное, или параллельное, прилегание, известное как облежание или прислонение, являясь примером первичного наклона слоев, называется ингрессивным залеганием. Последнее проявляется в пределах ограниченных площадей в пониженных частях древнего рельефа (например, в древних долинах).

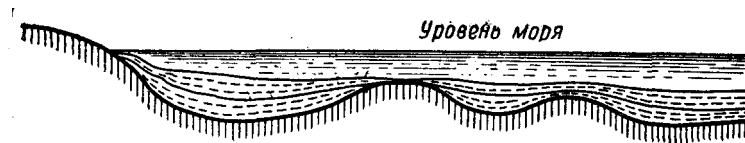
В условиях, когда морское дно имеет уклон, превышающий угол устойчивости, осадки по мере накопления периодически сползают, образуя подводные оползни, а общая форма и последо-

вательность залегания слоев представляется так, как это показано на фиг. 16.

Все рассмотренные типы несогласий имеют различную площадь распространения и по этому признаку разделяются на региональные и местные.

Первые характеризуются значительной площадью распространения, охватывая группы структурных элементов платформ или складчатых зон. Вторые — местные — имеют малую площадь распространения и наблюдаются в пределах поднятых частей отдельных структурных элементов платформ и складчатых зон.

Кроме перечисленных, наиболее распространенных видов несогласий, наблюдается ряд других форм несогласий (по В. Е. Хаину).



Фиг. 16. Схема накопления осадков в прибрежных зонах наступающего бассейна.

Краевое несогласие (фиг. 17, а), наблюдаемое по краям бассейна осадконакопления, заключается в последовательном утонении и выклинивании отдельных горизонтов с образованием очень слабых угловых несогласий и трансгрессивных перекрытий.

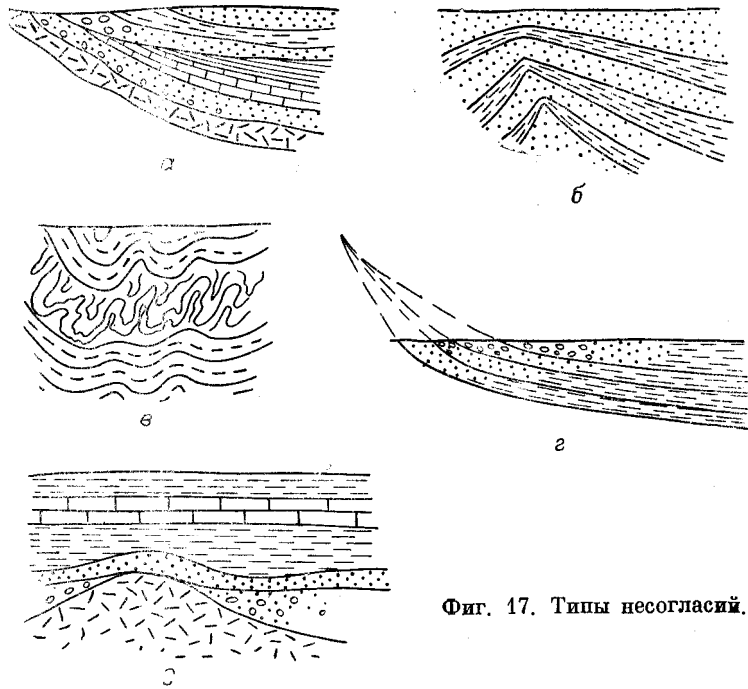
Рассеянное (дисперсное) несогласие (фиг. 17, б), образующееся при развитии складок во время накопления осадков и погружения дна бассейна. Складкообразование, происходящее одновременно с осадконакоплением, приводит к тому, что древние слои имеют больший наклон, чем молодые, и возникающее несогласие устанавливается лишь путем сравнения элементов залегания слоев, относительно далеко отстоящих друг от друга по разрезу. Такое несогласие всегда является локальным, приурочивается к сводам антиклиналей и затухает в направлении смежных мульд.

Дисгармоничное тектоническое несогласие (фиг. 17, в) возникает в результате процессов складкообразования, обусловленных резкими различиями пластичности смежных стратиграфических горизонтов. Высокопластичные слои претерпевают более интенсивное смятие, чем подстилающие и покрывающие их малопластичные породы.

Регрессивное прилегание (фиг. 17, г) образуется в результате последовательного отступления береговой линии и перемещения литологических и стратиграфических горизонтов к центру бассейна. Его можно также рассматривать как краевое несогласие в крупном масштабе.

Плащевобразное облекание (фиг. 17, д) представляется как перекрытие наклонно залегающими отложениями древнего эрозионного выступа, подчеркнутое неравномерным и иногда значительным уплотнением этих осадков (в основном глинистых) на крыльях по сравнению со сводом.

По условиям и причинам возникновения несогласия подразделяются на три разновидности.



Фиг. 17. Типы несогласий.

1. Стратиграфическое несогласие, указывающее на наличие перерывов в отложении осадков; здесь наблюдается соприкосновение свит, различных по своему геологическому возрасту.

2. Несогласное залегание как результат проявления тектонических движений среди древнего комплекса пород, разрушенного впоследствии денудационными процессами и перекрытого другим комплексом пород, в большинстве случаев более молодых по возрасту. Если оба эти комплекса залегают под различными углами, то такое несогласие залегания называется угловым несогласием.

3. Ложно-угловое несогласие как результат проявления диагональной и косой слоистости, возникающей благодаря постоянному изменению поверхности накопления, а также перемыву или перевеванию осадка.

При изучении осадочных отложений основной задачей геолога является установление последовательности пород, стратиграфического разреза осадков. Для этого прежде всего нужно знать условия образования этих пород, т. е. представить ту фациальную обстановку, в которой происходило накопление этих отложений. Для этого надо знать основы учения о фациях.

Понятие фация появилось в геологии давно — около ста лет тому назад, но главное развитие учения о фациях получило сравнительно недавно благодаря внедрению в геологические исследования методов палеогеографии.

Учение о фациях является естественным введением в палеогеографию — науку, имеющую своей целью восстановить распределение морей и континентов и воссоздать весь облик земной поверхности, какой она имела в минувшие геологические эпохи.

Фация представляет собой слой или пласт, обладающий на всем своем протяжении одинаковым литологическим составом и заключающий в себе одинаковую фауну и флору.

Термин «фация» имеет много различных определений. Не вдаваясь в детали предложенных определений этого важного термина, по основному содержанию их можно подразделить на три группы: первая группа определяет фации как породы, вторая как качества пород, отражающие условия их образования, и третья как комплекс условий, определяющих накопление осадочной толщи.

Площадь распространения фаций весьма различна и иногда достигает огромных размеров, например глубоководные отложения (красные глины) в Тихом океане занимают площадь больше, чем Северная Америка. Наряду с этим некоторые устричные банки, представляющие особую фацию, занимают площадь в несколько десятков квадратных метров.

Мощность фаций также характеризуется крайней изменчивостью и колеблется в значительных пределах (от нескольких сантиметров до сотен метров).

Крайне разнообразны и границы между фациями. Одни фации постепенно переходят в другие, что особенно часто наблюдается в морских отложениях (переход песков в илы), другие, наоборот, характеризуются весьма резкими и внезапными переходами, например рифовые известняки и примыкающие к ним глины и пески (Ишимбай, Башкирия).

Все фации по своему генетическому характеру подразделяются на три большие группы:

- 1) морские фации;
- 2) лагунные фации;
- 3) континентальные фации.

Наибольшее распространение имеют морские фации, затем идут континентальные (наземные и пресноводные) и, наконец, лагунные.

Сравнение всех трех типов фаций между собой по основным признакам приведено в табл. 4 (по Д. В. Наливкину).



## Классификация фаций

Признаки	Фации		
	морские	лагунные	континентальные
Фауна	Морская	Морская, солоноватоводная, пресноводная, наземная	Пресноводная, наземная
Отложения	Пески, илы, известняки	Гипс, самосадочная соль, пески, глины	Пески, глины, галечники
Слоистость	Наиболее правильная — горизонтальная или волнистая	Смешанная — волнистая или косая	Неправильная — косая, реже волнистая, иногда горизонтальная
Площадь распространения	Весьма большая	Небольшая	Значительная

Каждый из перечисленных типов включает в себя отдельные фации, которым присущи определенные физико-географические и геологические условия.

При определении условий образования ископаемых фаций особое внимание исследователя обращается на такие факторы, как:

- 1) положение изучаемой фации в общей палеогеографической схеме данного района;
- 2) распространение фации и мощность ее;
- 3) характер отложений, которые подстилают и покрывают данную фацию и в которые она переходит по простиранию;
- 4) характер слоистости и других внешних признаков;
- 5) литологический состав породы;
- 6) характер фауны и флоры, их распределение в массе осадка фации.

Чтобы понять, как и где при осадконакоплении образуется сложность в комплексе с изменениями фациальных условий, следует обратиться к рассмотрению различных областей образования осадков. В пределах земной поверхности, как это видно из схематического гипсометрического профиля (фиг. 18), выделяются три основные области, отличные по условиям осадконакопления.

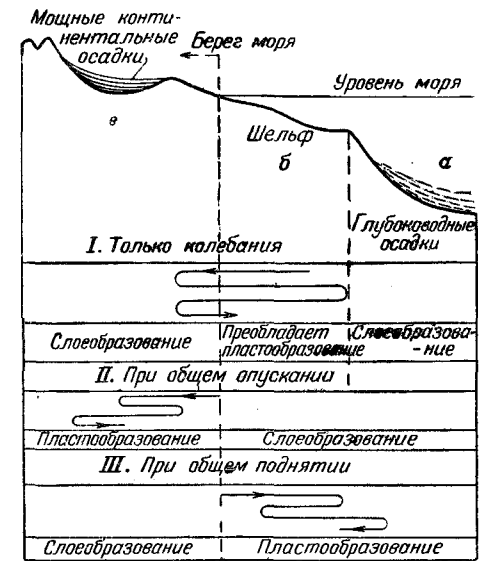
Первая область (а) — океаническая — находится за пределами континентального порога. Вторая область (б) размещается по ту и другую сторону от среднего положения береговой линии, т. е. шельф (часть морского дна с глубиной 0—200—400 м) с одной стороны и прибрежно-континентальная полоса, заливаемая шельфо-

вым морем при каждом колебании, с другой стороны. Третья область (в) — континентальная, удаленная от морского берега.

Океаническая область характеризуется медленным накоплением тонкослойных осадков независимо от перемещения береговой линии. На поверхности континента накапливаются мощные толщи наземных отложений; в прибрежной области влияние миграции береговой линии резко отражается на миграции фаций и явление пластообразования преобладает над образованием слоев.

В геосинклинальных зонах, где наблюдается наряду с колебательными движениями и общее погружение, береговая линия претерпевает не только колебательные движения, но и перемещения, направленные в сторону континента. Эти перемещения изображены в виде извилистой линии с обозначением стрелкой направления перемещения.

На графике приведена общая схема пластообразования и слоеобразования на материке, в прибрежной области и океанической впадине в зависимости от вертикальных движений.



Фиг. 18. Схематический гипсометрический профиль областей образования осадков.

## § 7. Внешние признаки слоев

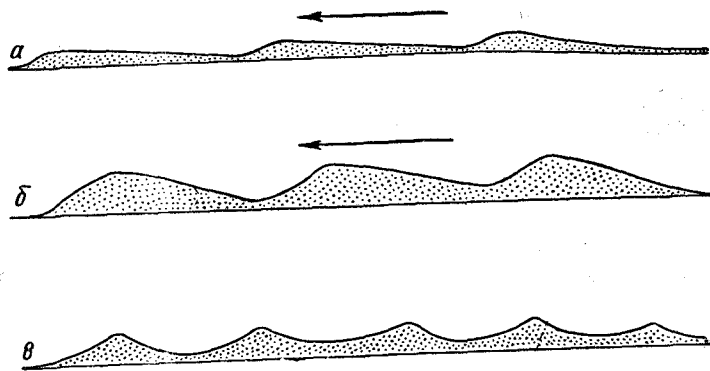
При изучении осадочных отложений основной задачей геолога является установление последовательности пород, стратиграфического разреза их и пр. Для этого помимо изучения фациальной обстановки накопления осадков надо знать еще цвет породы, наличие конкреций и различных знаков на поверхности отложений.

К числу этих так называемых внешних признаков слоев относятся следы ряби, иероглифы, трещины усыхания, линии прибоя, отпечатки дождевых капель и града, следы беганья и ползанья животных, следы пузырьков газа и др.

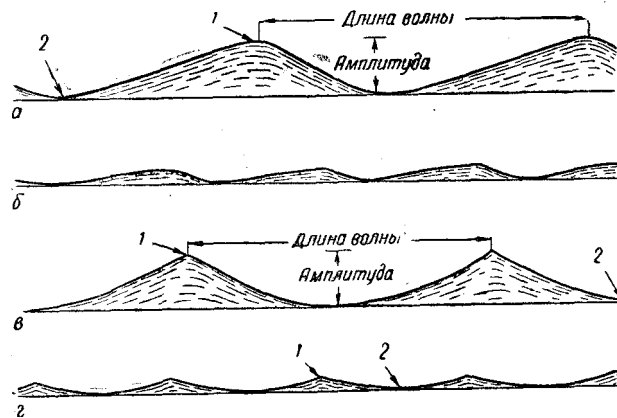
Следы ряби, иногда называемые волноприбойными знаками представляют собой волнистую скульптуру поверхности песчаных горных пород, образованную ветром, течениями воды или действием волн (фиг. 19). Следы ряби являются наиболее распространенным признаком первичности осадочных образований. При изуче-

нии условий возникновения ряби обращают внимание на характер ее скульптуры, при этом выделяют хребтики с гребнями и промежуточные между ними корытообразные углубления.

Хребтики ряби могут разветвляться или располагаться параллельно друг другу, быть прямыми и косыми в поперечном сечении,



Фиг. 19. Схематический разрез типов следов ряби.  
а — золовая рябь; б — рябь, образованная водным течением; в — волновая рябь. Стрелка показывает направление движения воды или ветра.



Фиг. 20. Характеристика основных элементов следов ряби.  
а — рябь водного потока с низким индексом (5); б — золовая рябь с высоким индексом (14); в — волновая рябь с низким индексом (5); г — волновая рябь с высоким индексом (14); 1 — гребень; 2 — впадина.

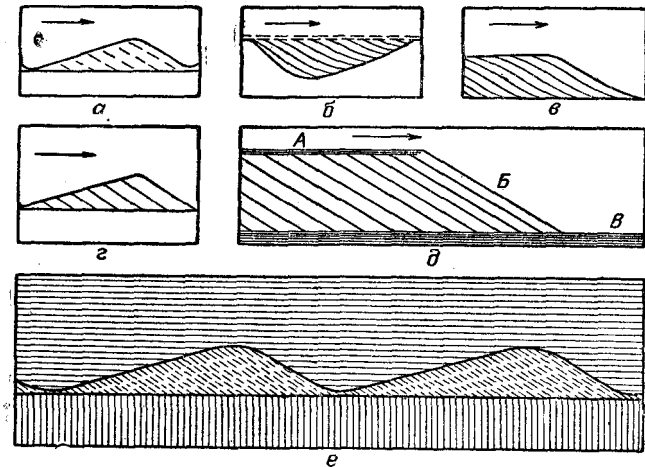
с острыми, закругленными или утолщенными гребешками. Они могут отстоять друг от друга на расстоянии, значительно превышающем их высоту, и иметь высокий или низкий показатель (индекс), характеристика которого видна на фиг. 20.

Индекс ряби представляет собой число, получающееся от деления длины волны ряби на амплитуду. Индексы ряби течения ко-

леблются в значительных пределах и в среднем выражаются величинами от 5 до 15. Индексы следов ряби, вызванные колебанием волн, характеризуются величинами в пределах от 5 до 10. Для золовой ряби эти индексы являются наибольшими.

Углубления между хребтиками также изменяют свои очертания и могут быть округлыми, симметричными, ветвящимися и параллельными в плане.

При структурных геологических исследованиях необходимо изучать не только внешнюю форму ряби, но и внутреннюю структуру ее, связанную с распределением зернистого материала породы.



Фиг. 21. Виды косой слоистости.

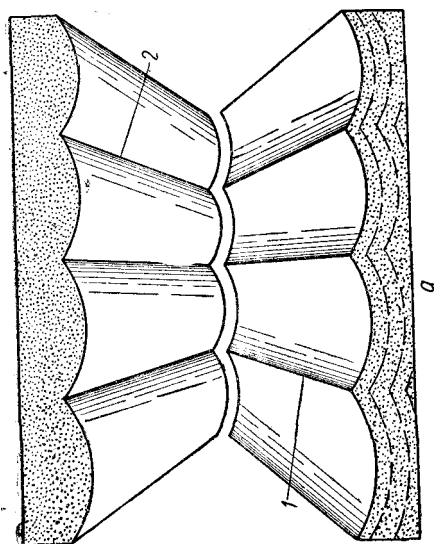
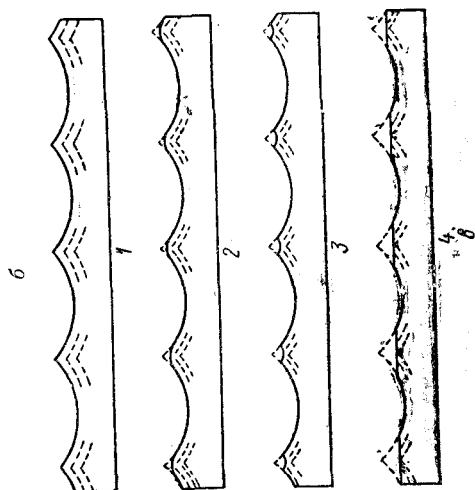
а — косослоистая грядка ряби, образованная ветром или водным потоком; б — структура выполнения промоин с хорошо развитой косой слоистостью; в — косая слоистость в надвигающейся террасе, образованной течением в мелком бассейне; г — косая слоистость в отложениях дна; д — косая слоистость в дельтовых отложениях (А — кровля, Б — передовой склон и В — подстилающие отложения); е — косая слоистость в небольшом хребтике ряби. Стрелка показывает направление движения воды или ветра.

Как отмечалось выше, разница в индексе дает возможность различать следы ряби золового и водного происхождения, т. е. этим самым выяснять фациальную обстановку накопления осадков.

При образовании ряби течений воды грубые песчинки скапливаются у основания крутого склона, а более тонкий материал концентрируется около гребней. Золовая рябь является более плоской по сравнению с первой и содержит грубый материал на гребнях хребтиков или в их верхней части, а мелкозернистый, тонкий — в углублениях.

Для хребтиков ряби течений типичной внутренней структурой является особый род косой слоистости (фиг. 21), которая обычно бывает наклонена вниз по течению и грубо параллельна склону хребтика, также обращенному вниз по течению.

Колебания воды при действии волн создают отчетливую рябь, характеризующуюся ясно выраженной симметрией хребтиков и углублений. Гребенки при этом имеют острые или закругленные очертания, а углубления полого округлены (фиг. 22 а, б).



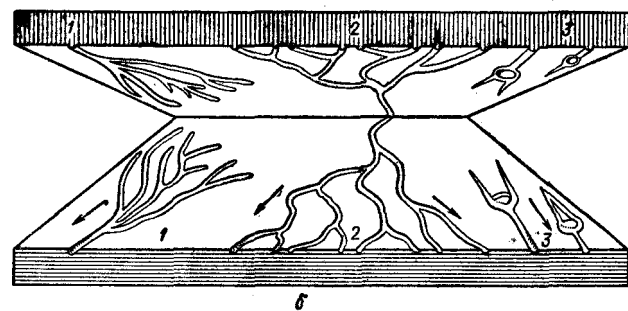
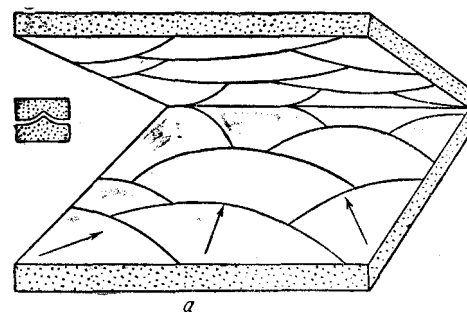
Фиг. 22. Формы ряби.

а — типичные волновые следы ряби и их отпечатки на подложке вышележащего пласта; резко выраженная угловатая структура пласта, наблюдаемая в толще нижнего пласта, отсутствует в верхнем (1 — хребтик, 2 — отпечаток хребтика); б — знаки волновой ряби на поверхности песчанника среднего альфа; в — изменение профиля волновых следов ряби при срезании гребней.

1 — неразмывтые острые гребни, 2 — закругленные гребни, 3 — слегка волнующие гребни, 4 — сглаженные (размытые) гребни.

Следы ряби при действии эрозии подвергаются изменениям почти одновременно с отложением и поэтому конфигурация их изменяется (фиг. 22, в).

Рассматривая признаки ряби как исходный материал для определения условий образования и накопления осадков, надо весьма критически относиться к их достоверности и надежности. Кроме того, надо помнить, что со следами ряби можно смешать следы прибой, которые прослеживаются как система мелких, перекры-



Фиг. 23. Следы периодических потоков.

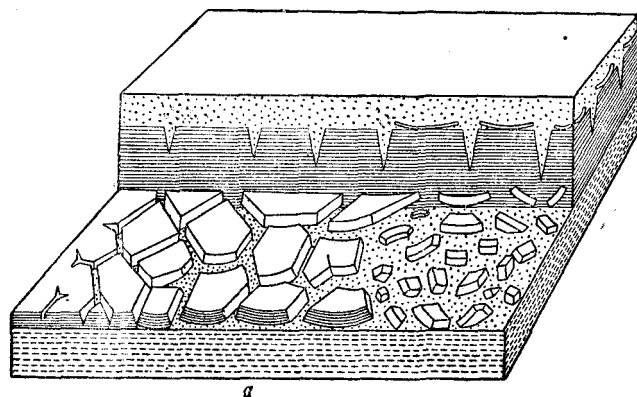
а — следы прибой, оставленные волнами на песчаных отложениях морского берега (пляжа); длина следов прибой колеблется в пределах 1 м; слева показаны разрез мелкого хребтика и отпечаток его в покрывающем слое; б — следы струек, оставленных водой, стекающей к морю после отлива: 1 — разветвленная система мелких бороздок, соединяющихся по направлению к морю в общий канал, 2 — широкая система бороздок, разветвляющаяся по направлению к морю на ряд мелких протоков, 3 — борозды обтекания, образовавшиеся при наличии на берегу обломков пород или раковин. На подошве верхнего пласта наблюдаются отпечатки следов струек.

вающих друг друга кривых песчаных хребтиков, выпуклых в сторону суши, достигающих 2—3 мм высоты и сложенных из тонких песчинок (фиг. 23, а).

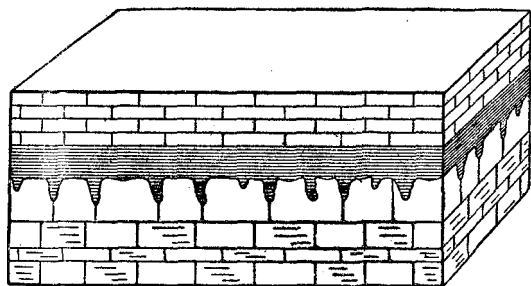
На побережье прослеживаются следы струек, которые могут быть выражены в нескольких вариантах: первый из них представляет собой обращенную к морю, ветвящуюся систему мелких бороздок или желобков, проделанных небольшими струями, которые разветвляются в многочисленные протоки и замирают по мере того, как они стекают к морю по глинистому или песчаному пляжу (фиг. 23, б).

Второй тип — миниатюрная, ветвящаяся в сторону суши речная система — создается системой следов струй, возникающих при замирающей волне или спадающем приливе.

Трещины усыхания на поверхности горных пород образуются вследствие усыхания и уплотнения насыщенного водой глинистого и известковистого ила (фиг. 24, а).



а



б

Фиг. 24. Следы трещин усыхания на границах напластований.

а — типичные трещины усыхания; захороненные обломки образуют мезформационный конгломерат из угловатых обломков; в верхнем сланце V-образные трещины усыхания заполнены песком; нижняя часть схемы изображает тонкий слой глины с хорошо развитыми трещинами усыхания; б — сложные трещины усыхания; пласт известняка и глины с трещинами усыхания, заполненными породой пласта, лежащего выше.

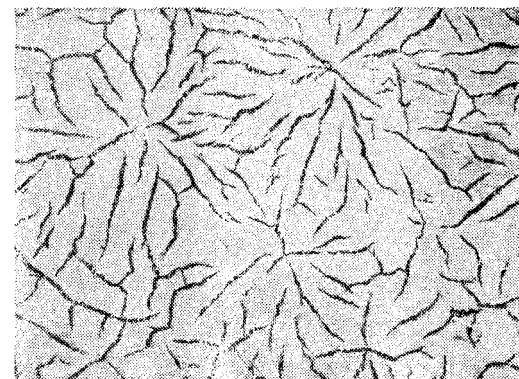
Пласты с трещинами усыхания при рассмотрении их в вертикальном сечении представляются как бы пронизанными пальцеобразными выступами, заполненными литологическим материалом вышележащего пласта (фиг. 24, б).

Трещины усыхания в плане представляются в виде прямых или разнообразно искривленных линий, которые подразделяют всю поверхность пласта на неправильные полигональные участки с различными очертаниями.

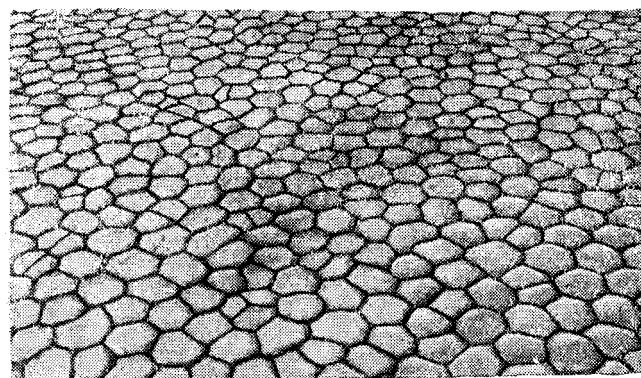
Обычно трещины усыхания достигают нескольких сантиметров как в ширину, так и в глубину. Иногда наблюдаются гигантские трещины глубиной более 3 м.

Наиболее благоприятными участками для образования трещин усыхания являются старицы, приливные равнины, морские пляжи, грязевые потоки и др.

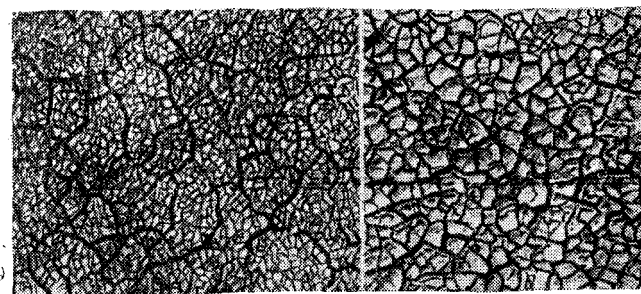
На фиг. 25 приведены типичные примеры проявления трещин усыхания. Иногда наблюдаются разновидности этого явления. Пластин-



а



б



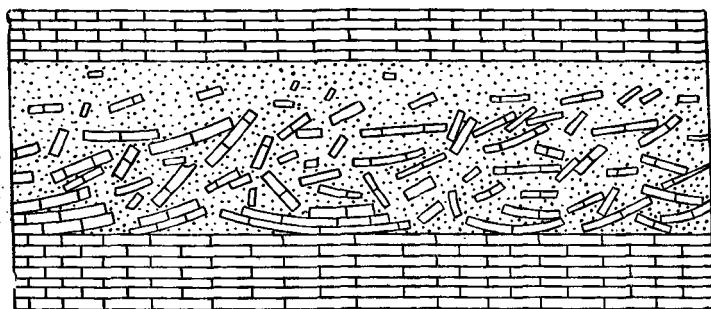
в

г

10 0 10 20 30 см

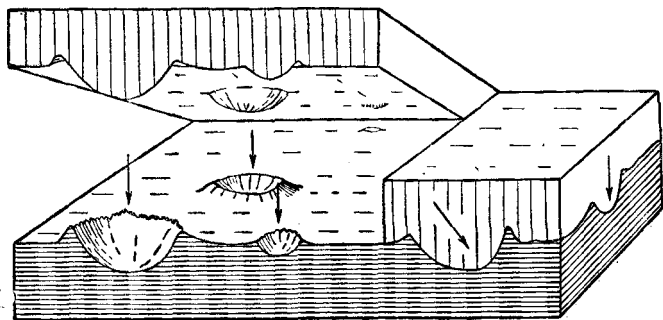
Фиг. 25. Формы трещин усыхания в илистых донных отложениях. а — радиальные — в такырах и солончаках; б — правильные, полигональные; в — сетчатые; г — вогнутые.

ки слоя, разбитого трещинами усыхания до своего захоронения, подвергаясь влиянию процессов эрозии и переноса, окатываются и округляются. Отлагаясь с различной ориентировкой, этот род отложений образует один из типов межформационного конгломерата (фиг. 26).



Фиг. 26. Межформационный конгломерат из угловатых обломков известняка в толще грубозернистого песка. Некоторые обломки имеют черепитчатое, а часть — скорлуповатое строение. Повидимому, первоначально происходило растрескивание породы при высыхании, а затем перенос обломков водой. Мощность слоя около 1—1,5 м.

Отпечатки на поверхностях кровли и подошвы пласта. Следы дождевых капель и градин наблюдаются в пределах береговых участков, затопляемых приливами.



Фиг. 27. Глинистый сланец со следами мелких дождевых капель и ямками от крупных градин. Стрелки указывают направление падения градин и капель.

Эти отпечатки бывают круглыми, если капли или градины падали вертикально, и слегка эллиптическими, если они падали косо к поверхности (фиг. 27). Отпечатки от ударов градин шире и глубже, чем от дождевых капель; кроме того, они имеют неправильную форму и шероховатые края, а также край ямки характеризуется

наибольшей приподнятостью на той стороне, в направлении которой падала градина.

Конкреции, валуны и эоловые многогранники, наблюдаемые на границе двух пластов, служат объектом серьезного внимания геолога, так как дают возможность определить не только условия накопления этих вмещающих пород, но их пространственное положение, т. е. элементы пласта — подошву и кровлю их.

Геологов издавна интересовали загадочные скульптурные образования, встречающиеся главным образом в флишевых толщах<sup>1</sup>, в подошвах пластов<sup>2</sup>.

Иероглифами или гиероглифами называются барельефные образования на поверхности напластования, сложенные тем же материалом, из которого состоит данный пласт (фиг. 28).

Иероглифы представляют собой почковидные, натеchno-бороздчатые или валико-бугорчатые скульптурные образования размерами от 0,5 до 5 см в ширину и от 1 до 8 см в длину при толщине до 3—5 мм. Площадь, занимаемая такими скульптурными образованиями, составляет от 20 до 50% общей поверхности напластования.



Фиг. 28. Иероглифы на песчанике (альб).

При стратиграфическом расчленении какой-либо серии отложений иероглифы могут быть использованы для сопоставления отдельных разрезов отложений. Например, в Кахетии иероглифы являются руководящим признаком для отложений нижнего сенона. Некоторое значение имеет количественный фактор. Например, в Восточных Карпатах по количеству иероглифов выделяется в эоцене «иероглифовая свита». Изучение иероглифов может также служить ключом для познания физико-географических условий минувших эпох в истории земли. Часть из них имеет неорганическое происхождение, а другая часть представляет следы ползания и хождения животных.

<sup>1</sup> Флиш — это геосинклинальные отложения, представленные частым переслаиванием глинистых терригенных и карбонатных пород. Особо характерной чертой флиша является ритмичность, определенная повторяемостью в расположении слоев по вертикали. В СССР флишевые отложения развиты на Кавказе в меловой и третичной системах, на Урале среди каменноугольных и нижнепермских отложений и в других районах.

<sup>2</sup> Наиболее полная сводка по флишу сделана Н. Б. Вассоевичем в его книгах «Флиш и методика его изучения» (Гостоптехиздат, 1948) и «Условия образования флиша» (Гостоптехиздат, 1951).

При внимательном изучении формы иероглифов и их ориентировки в пространстве можно составить представление о наклоне морского дна, о течениях, о составе бентоса и пр.

В отличие от иероглифов внутри слоев наблюдаются образования, которые характеризуются вещественным составом, более или менее отличным от вмещающего их осадка. Такие образования называются фукоидами.

Следы ползания и хождения животных (отпечатки ступней на осадках) могут быть выражены прямыми или кривыми контурами бугорков или ямочек, короткими, угловатыми или округлыми неглубокими углублениями. Их количество и разнообразие настолько велико, что превышает число видов животных, оставивших отпечатки. Это объясняется тем, что каждый индивид передвигается разнообразными способами.

Особое внимание при изучении пород должно быть обращено на наличие конкреций. Последние представляют собой включения неорганического вещества шарообразной или какой-либо другой формы внутри заключающей ее породы.

По времени образования эти конкреции могут быть образовавшимися одновременно с породой как включения или после образования породы за счет геохимических процессов, обусловленных действием температуры, воды и других факторов.

По своему минералогическому составу конкреции бывают из кальцита, кремнезема, пирита, марказита, гипса, барита, окислов марганца, фосфорнокислого кальция и пр. По форме они различаются на сферические, цилиндрические и неправильные, достигая размеров от нескольких до десятков сантиметров.

Ядра конкреции обычно состоят из окаменелостей или обломков пород, зерен песка и других материалов, покрытых концентрической скорлупой.

Растрескавшаяся известковистая конкреция, заполненная по трещинам кальцитом, называется септарией.

В отличие от этих форм образования конкреций и септарий среди горных пород прослеживаются скреции, которые представляют собой образования, оседающие на внутренних пустотах пород.

Характерные особенности конкреций приведены в табл. 5.

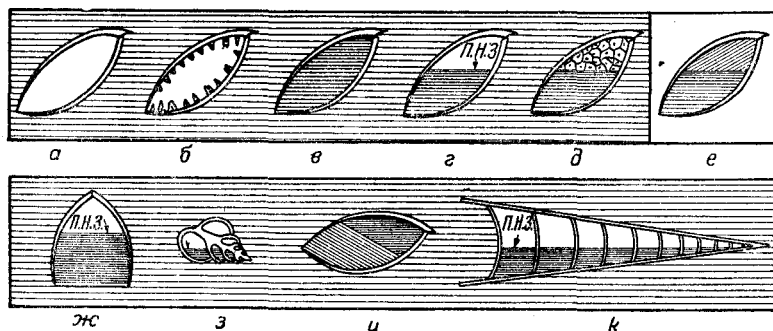
Среди осадочных горных пород часто наблюдаются полости органического происхождения различного вида (фиг. 29), которые образовались в результате захоронения животных организмов. Будучи частично заполненными обломочным материалом, полости могут служить основанием для суждения о первоначальном пространственном положении пласта и его последующих изменениях, обусловленных вертикальными перемещениями. Верхняя часть полости часто бывает пустой. Она может быть заполнена кальцитом или кремнеземом сразу же после захоронения раковины или спустя значительный промежуток времени. Эта часть полости в раковине может сделаться пустой при растворении вторичного заполнения.

Характерные особенности конкреций, возникающих на различных этапах диагенеза осадков (по Л. Б. Рухину)

Характерные элементы и особенности	Конкреции, образовавшиеся одновременно с породой		Конкреции, образовавшиеся при превращении осадков в твердые горные породы (диагенез)	Конкреции, образовавшиеся в результате вторичных процессов в ранее отложившихся породах
	конкреции выветривания (ложные)	собственно конкреции		
Причины образования	Замещение обломков пород при их покровном выветривании на поверхности осадка	Осаждение коллоидного вещества на поверхности осадка	Стягивание веществ в иллом осадке	Отложение веществ в твердой породе
Направление роста конкреции	От периферии к центру	Образуется снизу, иногда рост от центра к периферии	Обычно от центра к периферии	Только от центра к периферии
Форма конкреции	Неправильная	Сплюснутая, округлая, иногда неправильная	Сплюснутая, эллипсоидальная, иногда неправильная, но выгнута вдоль слоистости	Шаровая, часто неправильная, сильно удлиненная
Соотношение со слоистостью	Слоистость огибает конкреции	Слоистость огибает конкреции	Слоистость пересекает, иногда огибает конкреции	Слоистость пересекает конкреции
Строение конкреции	Концентрическое	Однородное, концентрическое или радиально-лучистое. Иногда в ядре органические остатки	Однородное, концентрическое или радиально-лучистое. В ядре органические остатки	Концентрическое, радиально-лучистое, реже однородное
Присутствие яеод и септарий	Иногда яеоды; септарий нет	Иногда яеоды и септарии	Часть яеоды и септарии	Яеоды редки; септарий нет
Состав конкреций	Обычно гидроокислы железа	Кремнекислота, фосфаты, гидроокислы железа, марганца, алюминия, реже сульфиды железа	Кремнекислота, карбонаты, сульфиды железа, гидроокислы железа, фосфаты	Карбонаты, гидроокислы и сульфиды железа, кремнекислота



В толще известняков и доломитов, реже в кварцитах, песчаниках, известково-глинистых и аргиллитовых породах наблюдаются шиповидные или столбчатые выступы слоя, вдающиеся иногда достаточно глубоко в соседний слой. Они обладают тонкой продольной штриховатостью и обычно покрыты тонкой глинистой пленкой, утолщающейся у конца столбика. Эти образования, прослеживаемые в поперечном сечении в виде зоны сложенной зигзагообразной структуры, называются стилолитами (фиг. 30). Они придают породе, в которой встречаются, своеобразное столбчатое строение, известное под названием стилолитовой структуры.



Фиг. 29. Формы заполнения раковин.

а — пустая, незаполненная; б — жеода (на внутренней поверхности расположены вторично образовавшиеся кристаллы кальцита); в — заполненная частично; г — заполненная разнородным материалом (ил и кальцит); д — заполненная однородным материалом; это указывает на изменение пространственного положения пласта в период накопления осадка; ж, з, к — примеры неполного заполнения отдельных форм раковин; п. н. з. — плоскость несовершенного заполнения.

Стилолиты, повидимому, развиваются в таком положении, что биссектрисы угловатых зигзагов и оси покрытых бороздками колонок всегда бывают ориентированы вертикально. Если слои горизонтальны, то зоны стилолитов также горизонтальны; при иных пространственных положениях пластов стилолиты могут служить ключом для определения условий залегания этих пластов.

Конгломераты, галечники и брекчии дают очень много материала для выяснения условий отложения свиты или пластов, среди которых они залегают.

При изучении этих пород внимание исследователя должно быть направлено на определение условий (среды), в которых образовались конгломераты, галечники и брекчии.

Различают следующие генетические типы конгломератов:

- 1) морские, среди которых выделяют подвижные конгломераты зоны прилива и неподвижные, связанные с осыпями и обвалами;
- 2) речные, образующиеся в результате деятельности равнинных и горных рек и в дельтах;
- 3) субэральные — конгломераты пересыхающих рек и озер и
- 4) эоловые.

Основные характерные особенности различных типов конгломератов (по А. В. Хабакову) приведены в табл. 6.

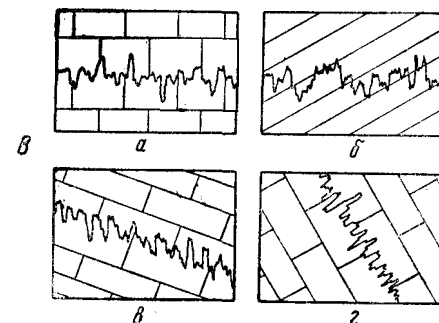
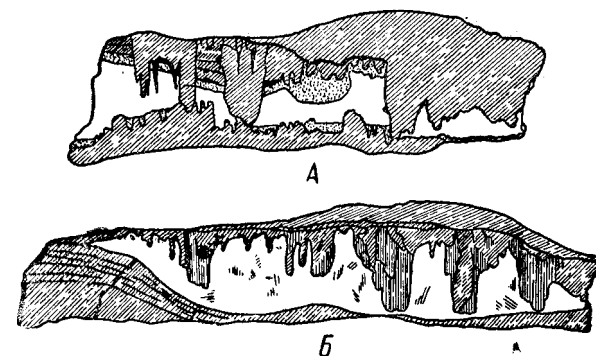
Указанные сведения дают возможность отнести исследуемые породы к тому или иному генетическому типу.

Очень важно выяснить, являются ли конгломераты морскими или континентальными. Морские — указывают на наличие перерывов (регрессий, трансгрессий), на существование сильных течений в мелком море или на быстрое опускание дна и обвалы; по континентальным конгломератам можно судить о существовании энергичного размыва, о характере деятельности ветра, эрозивной работе и др.

Для определения фациальных условий много могут дать косослоистые галечники и конгломераты. В речных и потоковых галечниках преобладает наклон плоских галек вверх по течению, а косая слоистость наклонена вниз по течению; в морских галечниках преобладает наклон косой слоистости.

Источник материала, из которого образовалась порода, определяется путем петрографического изучения галек, заполняющего вещества (мелкие обломки) и цемента и сравнения его с более древними свитами.

Для решения вопроса об источниках сноса надо также учитывать степень окатанности галек, которую надо рассматривать как функцию длины пути перемещения. Это изучение производится



Фиг. 30. Стилолиты.

А и Б — образцы стилолитового девонского известняка; В — взаимосвязь стилолитов с напластованием: а — обыкновенная стилолитовая структура со столбиками, имеющими вертикальное расположение; б — стилолитовый шов в наклонно залегающем песчанике; в — стилолиты в пластах, обладавших первичным наклоном; г — стилолитовый шов в серии крутонаклонных пластов известняка.

Характерные особенности различных основных типов конгломератов (по А. В. Хабакову)

Генетические типы конгломератов				
морские подвиг- ные (зоны приоб)	дельтовые	речные равнинные	горные	субаэральные
Состав и свойства конгломератов	Много Очень много	Различное, чаще много Много	Мало Довольно много	Различное Много
Цемент и заполняю- щее вещество	Очень мало То же	Различное, чаще много Много	Мало Довольно много	Различное Много
Количество цемента	Мелкие, хорошо от- сортированные	Различные	Различные	Очень равнообразные
Количество запол- няющего вещества	Смешанная, морская и пресноводная	Пресноводная и назем- ная	Редкая пресноводная	Пресноводная
Размеры частиц ва- подняющего вещества	Различные, хорошо окатанные	Различные, окатанные, угловатые, иногда плю- ские	Равнообразные по раз- мерам и форме	Чрезвычайно равнооб- разные, плохо окатанные
Флуна в заполняю- щем веществе	Гладкая матовая	Гладкая матовая, иног- да поцарапанная	Гладкая, иногда поца- рапанная	Различная
Гальки	Чаще правильная	Различная, отчетливая	Ясная косая, иногда горизонтальная	Правильная, иногда разнообразная
Размеры и форма	Небольшая (до не- скольких метров)	Небольшая (до несколь- ких метров)	Отрожная (слоги мет- ров)	Непостоянная до зна- чительной
Характер поверх- ности	Значительная (до 10 м)	С размытом, неровная режкан	С размытом, неровная режкан	Режкан с размытом
Особенности пласта	С размытом	Равличная	Равличная	Равличная
Слойность	Постепенная	Равличная	Постепенная	Постепенная
Мощность	Пески, ракуш- ки, осадки	Пески, глины	Пески, глины, извест- ковые туфы	Пески, глины
Нижняя граница	Равличная	Постепенный пере- ход	Неправильная поверх- ность	Равличная, иногда непра- вильная
Верхняя граница	Пески, ракуш- ки, осадки	Пески, глины	Пески, глины, извест- ковые туфы	Пески, глины
Особенности толщ	Равличная	Постепенный пере- ход	Неправильная поверх- ность	Равличная, иногда непра- вильная
Фацальные пере- ходы	Пески, ракуш- ки, осадки	Пески, глины	Пески, глины, извест- ковые туфы	Пески, глины
Граница с нижеле- жащими породами	Равличная	Постепенный пере- ход	Неправильная поверх- ность	Равличная, иногда непра- вильная

путем различных измерений или визуальным разделением галек на несколько классов (табл. 7).

Классификация галек

Таблица

Степень окатанности галек	Характеристика
Неокатанные	Обломки с сохранившейся первоначальной формой, с тупыми или острыми ребрами
Слабо окатанные	Гальки (окатыши) с закругленными гранями и отчетливо выраженной первоначальной формой обломков
Умеренно окатанные	Гальки с ясно выраженными следами первоначальной угловатости
Хорошо окатанные	Гальки с еще сохранившимися слабыми следами угловатости
Прекрасно окатанные	Гальки лишенные угловатости и вогнутости на своей поверхности

Кроме изучения формы галек, большое значение для вычисления длины переноса имеет определение их средней величины, так как размер и характер окатанности позволяют путем сравнения делать относительные выводы, откуда происходил снос материала.

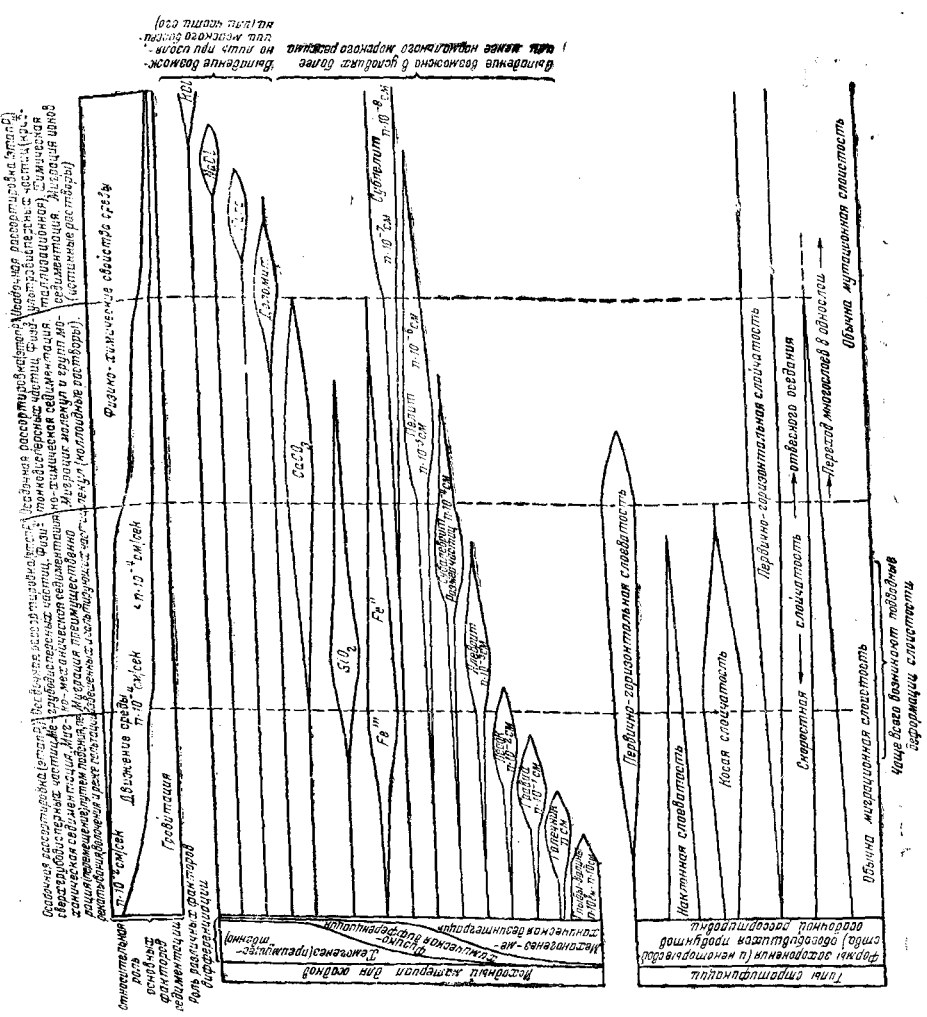
Для определения возраста конгломератов необходимо изучить породы, покрывающие и подстилающие конгломерат, гальку, слагающую конгломерат, и выяснить, какие наиболее молодые породы из известных в данном районе представлены в гальке. Это определит возраст, позже которого конгломерат не мог образоваться. Возраст пород, перекрывающих конгломерат, определяет верхний предел его возраста.

Изучение брекчий производится так же, как и изучение конгломератов: определяют количество, состав, размеры и расположение обломков заполняющего вещества и цемента; производят замер ориентировки обломков.

Все такие включения, наблюдаемые среди горных пород, должны быть предметом самого серьезного внимания геолога-исследователя, так как они в комплексе с другими фактами могут служить исходными для разрешения генетических условий осадконакопления не только в изучаемом районе, но и на соседних территориях.

Примером изучения таких условий осадконакопления, как это отмечает Н. Б. Вассоевич, может служить упрощенная схема (схема 4) осадочной дифференциации (применительно к мезокайнозою), выпадения из путей миграции различных осадков и возникновения разных типов тонкопластовых (осадочных) горных пород (стратификации).





Обобщая все изложенное в настоящем разделе структурной геологии, отмечаем, что рассмотренные выше стратиграфические структуры, отображающие образование горных пород и свит их, характеризуются весьма широким распространением и исключительным разнообразием своих форм.

## Глава II

### ФОРМЫ НЕНАРУШЕННОГО ЗАЛЕГАНИЯ СЛОИСТЫХ ПОРОД

#### § 1. Горизонтальное залегание слоев

Изучение геологических структур показывает, что слои отложений в большинстве своем располагаются наклонно и горизонтальное залегание их наблюдается лишь в молодых, четвертичных, осадках или значительно реже в более древних породах. Для объяснения причин ограниченности областей горизонтального залегания слоев возьмем наиболее обычный тип пологого склона морского дна, переходящего в почти горизонтальную поверхность, и проследим формы отложения осадков.

В этих условиях возможны следующие случаи.

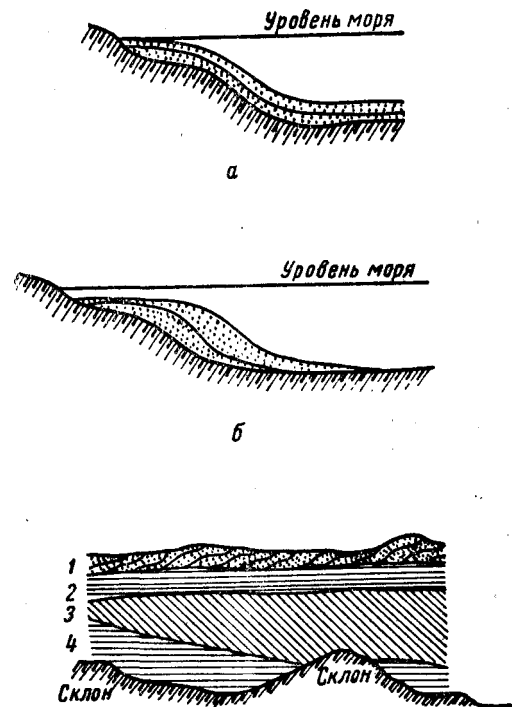
1. При равномерном отложении осадки образуют слои одинаковой мощности и располагаются параллельно дну (фиг. 31, а). В действительности подобное накопление осадков на дне морского бассейна может происходить лишь в исключительных случаях, при этом параллельные слои образуются на сравнительно ограниченных протяжениях; значительно чаще эти слои выклиниваются и изменяются в своем литологическом составе. Надо помнить, что обломочный материал (осадки), являющийся результатом разрушения суши, попадая на дно бассейна, находится под влиянием движения воды — морских течений и главным образом волновых колебаний.

Последние, участвуя в перераспределении накопленного материала, сглаживают неровности рельефа дна и сносят песчано-глинистые образования с возвышенных участков в пониженные; этим нарушается как горизонтальность залегания слоев, так и постоянство мощности их.

2. Накопление осадков у берега морского бассейна характеризуется ограниченностью области горизонтального залегания и затем по мере удаления от береговой линии быстро сменяется наклонным положением слоев (фиг. 31, б).

При изучении этого вопроса основное внимание исследователя должно быть сосредоточено на скорости накопления осадков, которая зависит от количества материала, получающегося от разрушения поверхности континента, и переноса этого материала морскими течениями, прибоем и реками.

Так, отложения, образующиеся за счет выноса рек, отличаются резким непостоянством мощности, причем колебания весьма значительны. Например, отложения дельт характеризуются наибольшим непостоянством слоистости и наиболее значительными изменениями величины зерна осадка.



Фиг. 31. Примеры накопления отложений.

а — схема равномерного накопления осадков, расположенных параллельно дну моря; б — наиболее распространенная схема накопления осадков у берега; в — накопление осадков в горных реках, сопровождающееся резким изменением слоистости (1, 2, 3, 4 — слои пород с непостоянной слоистостью и значительными изменениями величины зернистости).

весьма мало связана с действительной глубиной бассейна или величиной его опускания.

Из приведенных примеров видно, что накопление таких сравнительно мощных осадков может быть объяснено не наличием значительных глубин бассейна, а образованием дельтовых отложений, располагавшихся на придонных морских склонах в условиях таких речных систем, как Волга и др.

Из рассмотренных примеров очевидно, что быстрота накопления осадков на дне моря, находящаяся в зависимости от способа образования их, весьма различна. Возле устьев рек очень быстро накапливаются большие массы обломочного материала, тогда как низ-

Эти отложения при сохранении неустойчивости разреза и выклинивании отдельных слоев резко изменяют общий характер пород, и песчано-глинистые толщи (2, 3, 4) сменяются песчаными (1) (фиг. 31, в).

При полевых геологических исследованиях мощность таких слоев или свит, обнажающихся в разрезе, подсчитывается путем измерения мощности каждого слоя в отдельности перпендикулярно плоскости напластования (фиг. 32). Измеренную таким образом мощность ( $ab + cd + ef = m$ ) часто считают глубиной бассейна или величиной опускания дна бассейна.

В действительности такой вывод является ошибочным, потому что обстановка накопления отложений представляется несколько по-иному и в обычных условиях суммарная мощность осадков, как это видно на фиг. 33, а,

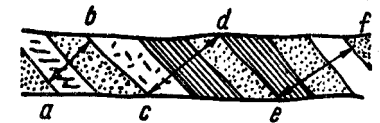
меннее и пологие морские берега дают сравнительно мало терригенного материала.

Быстрота накопления осадков зависит от характера берега, морских течений, солености воды, ее температуры и других факторов. В связи с этим толщина осадочных пород не только варьирует от рельефа дна бассейна, но в значительной степени зависит от характера осадка (фиг. 33, б). Можно утверждать, что величина мощности лишь относительно свидетельствует о размерах прогибания земной коры.

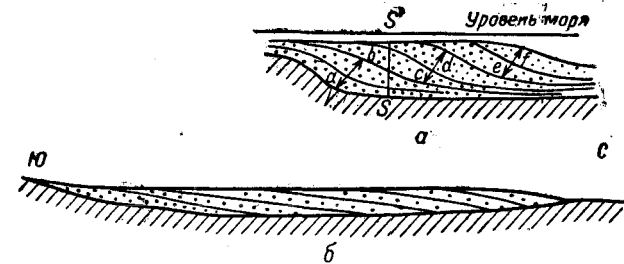
Для осадочных пород, как это отмечалось выше, является характерным слоистое расположение материала. В слоеобразовании следует различать два явления — смену литологического состава пород в вертикальном направлении и образование границ разделов между слоями.

Изменение литологического состава пород может происходить скачкообразно или постепенно.

Взаимное наложение пород различного литологического состава с резкими границами разделов между слоями возникает при изменении отношений между скоростями опускания в области накопления и поднятия в области размыва, а также при интенсивном перемещении береговой линии (границы размыва).



Фиг. 32. Схема измерения мощности свиты наклонно лежащих пластов.



Фиг. 33. Накопление отложений в морской среде. а — схема соотношения между глубиной бассейна ( $SS'$ ) и мощностью осадков ( $ab + cd + ef$ ); б — схема накопления больших толщ конгломератов и песчаников.

Частое чередование пород разного состава, наблюдаемое при слоистой структуре свиты, как правило, указывает на наличие быстрых изменений тектонических условий, вызванных колебательными движениями, причем мощность слоев может служить некоторым критерием для определения периодов продолжительности этих перемещений с учетом литологических особенностей пород.

Из рассмотренного видно, что горизонтальное залегание слоев на больших территориях или площадях вообще имеет весьма огра-

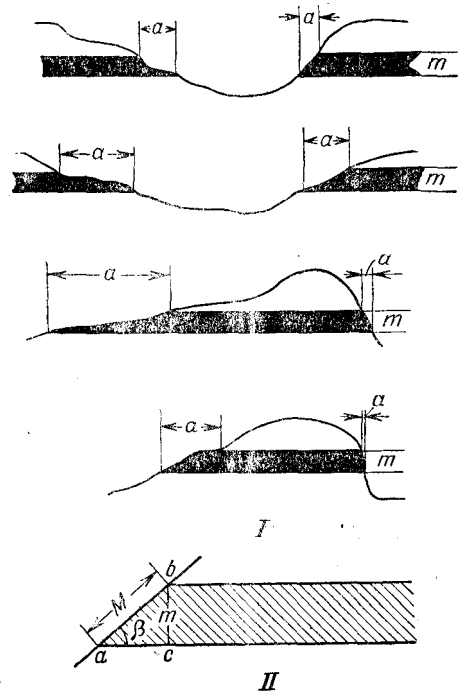
ническое распространение, так как все осадочные отложения, как морские, лагунные, так и континентальные, уже в процессе своего накопления имеют полого-наклонное положение. Тектонические перемещения земной коры вызывают еще большее отклонение слоев от горизонтального положения.

Однако, при изучении небольших площадей или отдельных обнажений в условиях спокойной тектонической обстановки геолог имеет возможность наблюдать горизонтальное или, точнее, почти горизонтальное залегание отдельных слоев и свит. Каждый слой ограничен сверху и снизу двумя поверхностями, которые в наиболее простых случаях можно рассматривать как параллельные плоскости, хотя в действительности они редко бывают вполне параллельны и то сравнительно на небольшом протяжении.

Ширина выхода такого слоя на дневную поверхность зависит от мощности его и характера рельефа местности (фиг. 34, I).

Из приведенных графических схем видно, что между шириной выхода слоя и рельефом существует известная зависимость, выражающаяся в том, что чем положе рельеф, тем больше ширина выхода слоя на поверхность и, наоборот, при крутом расчлененном рельефе ширина выхода приближается к минимальной.

Из приведенных графических схем видно, что между шириной выхода слоя и рельефом существует известная зависимость, выражающаяся в том, что чем положе рельеф, тем больше ширина выхода слоя на поверхность и, наоборот, при крутом расчлененном рельефе ширина выхода приближается к минимальной.



Фиг. 34. Взаимосвязь ширины выхода пласта с рельефом.

I — зависимость проекции ширины выхода  $a$  горизонтального слоя от его истинной мощности  $m$  и характера местности; II — определение истинной мощности горизонтального слоя.

Мощность горизонтального слоя, выходящего на склоне холма, определяется из треугольника  $abc$  (фиг. 34, II) и ее можно выразить формулой

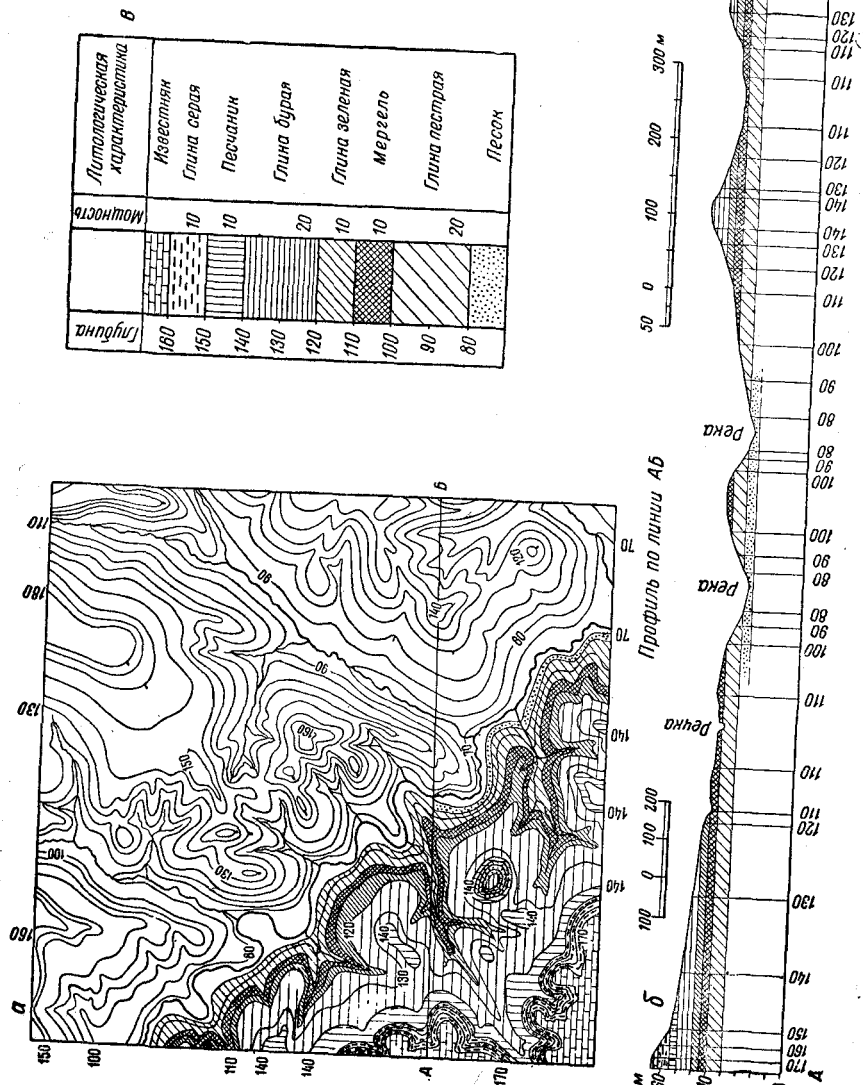
$$m = M \sin \beta,$$

где  $m$  — истинная мощность слоя;

$M$  — видимая мощность слоя, измеренная по склону;

$\beta$  — угол склона местности.

Примером изображения горизонтально залегающих слоев на топографической основе является фиг. 35, на которой границы отдельных слоев либо совпадают с соответствующими горизонталями, либо проведены параллельно им.



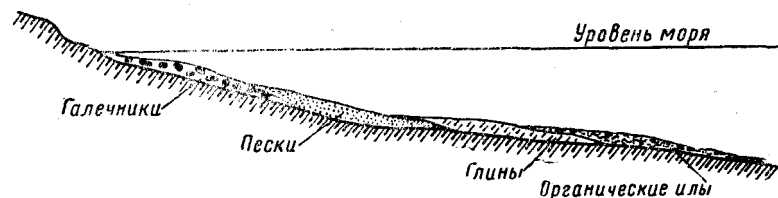
Фиг. 35. Горизонтальное залегание слоев.  $a$  — геологическая карта района;  $b$  — вертикальный разрез по линии АБ;  $c$  — нормальная линия отклонений с обозначением всех слоев.

Вертикальный разрез горизонтально залегающих слоев (фиг. 35, б), построенный по линии АБ, дополняет геологическую карту и показывает последовательность в залегании всех слоев, обозначенных на фиг. 35, в.

## § 2. Трангрессивное и регрессивное залегания слоев

Повсеместно геологические наблюдения над разрезами осадочных отложений указывают на то, что в прошлые геологические эпохи, как это наблюдается и в четвертичное время, происходили колебательные движения земной коры.

В процессе проявления вертикальных движений земной коры происходит перераспределение суши и моря, а также постоянные перемещения береговых линий.



Фиг. 36. Схема последовательного накопления осадков в прибрежной зоне.

Отсюда слоистую структуру свиты и литологический состав пород слоев надо рассматривать как выражение колебательных движений земной поверхности.

У фиксированной береговой линии при разрушении плотных пород происходит накопление грубообломочного материала (фиг. 36).

Дальше от берега накапливается песок разной крупности зерна, причем по мере удаления от берега крупность зерна уменьшается. Еще дальше осаждаются глины, и за ними область терригенных осадков сменяется органическими илами. Такая схема распределения осадков является грубой и верной только в первом приближении.

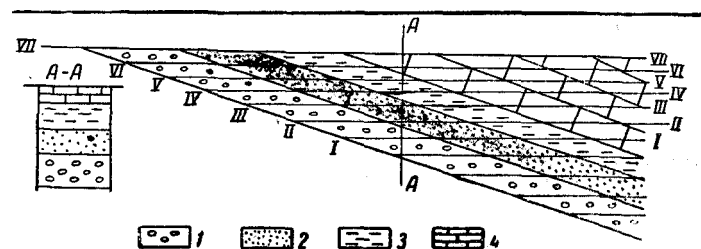
Если происходит расширение морского бассейна, т. е. наступание моря на сушу, то наблюдается трангрессивное залегание слоев.

Схема этого процесса изображена на фиг. 37 а. Цифрой I отмечено некоторое начальное положение уровня моря. На дне его накапливаются осадки в обычной последовательности (см. фиг. 36).

Перемещение береговой линии в положение II, затем III, IV и т. д. вызовет перемещение различных типов осадков относительно друг друга.

Таким образом, здесь констатируем прежде всего смену по вертикали различных литологических типов осадков, а затем, суммируя отдельные осадки одного и того же типа, накопившиеся в

различных положениях береговой линии, наблюдаем образование литологически различных слоев, налегающих друг на друга и залегающих параллельно друг другу и параллельно тому основанию, по которому перемещалась береговая линия. При этом по вертикали снизу вверх наблюдается замещение мелководных осадков все более глубоководными.

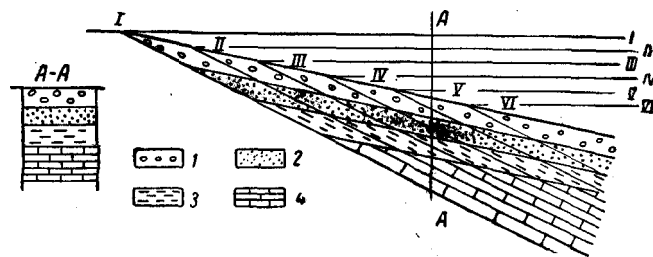


Фиг. 37. Пространственная последовательность перемещения фациальных зон при движении береговой линии при трангрессии (по В. В. Белоусову).

1 — галечники; 2 — пески; 3 — глины; 4 — известняки.

При отступании береговой линии — регрессивном залегании слоев — наблюдается обратная картина: смещение границ слоев в сторону отступающего бассейна (фиг. 38).

Последовательное перемещение береговой линии в положение II, затем III и т. д. дает в свою очередь перемещение отдельных групп осадков в обратном порядке.



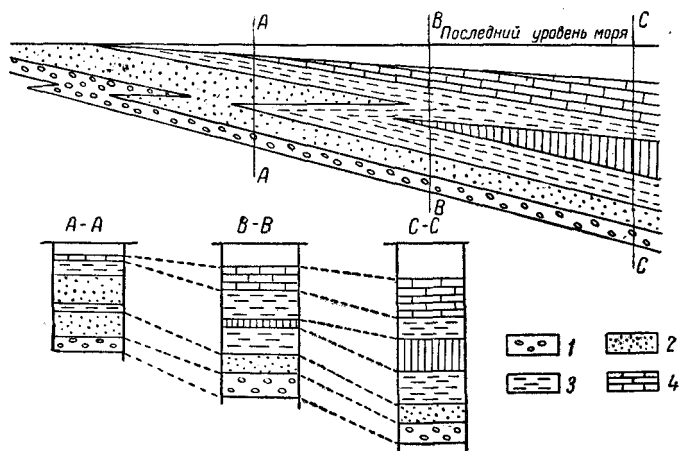
Фиг. 38. Пространственная последовательность перемещения фациальных зон при движении береговой линии — при регрессии (по В. В. Белоусову).

1 — галечники; 2 — пески; 3 — глины; 4 — известняки.

Регрессивные серии осадков сохраняются в геологическом разрезе менее отчетливо, так как естественным развитием регрессии являются полное поднятие земной коры и уничтожение регрессивных осадков размывом.

Сопоставляя оба эти процесса в исторической последовательности между собой, следует отметить, что если при изучении геологического разреза выяснится, что напластования представлены грубообломочными породами (конгломератами) переходя-

щими выше в песчаники и известняки, а затем глинами, сменяющимися песчаниками и конгломератами, то это указывает на наличие здесь сначала наступательного движения береговой линии (т. е. трансгрессии), которое затем сменилось обратным движением — отступанием (регрессией). Эта последовательная смена наступания и отступания береговой линии как результат крупных колебательных движений земной коры может сопровождаться значительными осложнениями второстепенных мелких колебаний с небольшой амплитудой колебаний поверхности. Вследствие различия



Фиг. 39. Пространственное перемещение фаций при сложных перемещениях береговой линии (по В. В. Белоусову).

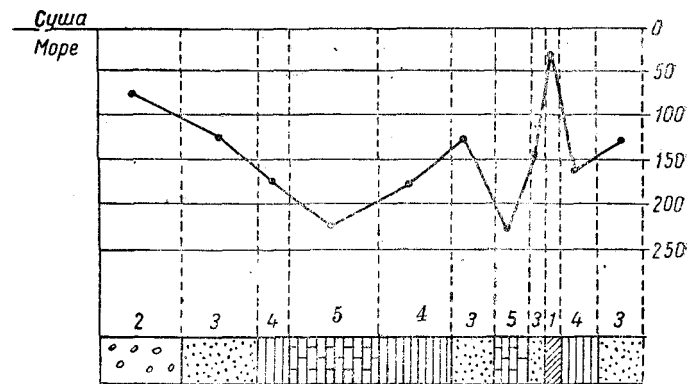
1 — галечники; 2 — пески; 3 — глины; 4 — известняки.

этих колебаний наблюдается чрезвычайно разнообразие отлагающихся пород. Сложная схема соотношений различных литологических слоев отражает последовательность движений земной коры, происходивших в процессе накопления этих осадков.

Примеры такой весьма упрощенной схемы движения представлены на фиг. 39.

Расшифровка геологических разрезов для выявления этих движений земной поверхности, обусловивших образование данной свиты, может быть сделана графическим путем. По оси ординат отложим в условно выбранном масштабе типичные расстояния от береговой линии, на которых образуются осадки соответственного литологического типа (конгломераты, песчаники и т. д.); можно даже расположить их условно на равных расстояниях, как это сделано на фиг. 40. На оси абсцисс откладываем в выбранном масштабе последовательно снизу вверх мощности соответственных слоев данного геологического разреза (фиг. 40).

Каждый комплекс пород может образовываться на определенной глубине. Представим каждую породу на диаграмме в виде точки, отнесенной к той глубине, на которой она образуется, и все точки соединим между собой. Полученная таким образом кривая расстояния от береговой линии для каждого слоя вместе с тем дает выражение исторической последовательности колебаний земной поверхности с их относительной амплитудой и темпом движения, определяемым мощностями различных слоев. Это дает возможность не только представить картину, но и определить характер и направление движений для данного участка земной поверхности, сравнить в этом смысле режим различных ее частей для данного периода.



Фиг. 40. Кривая накопления осадков на основе структурно-литологического анализа стратиграфического разреза.

1 — континентальные образования; 2 — конгломерат; 3 — песчаник; 4 — глинистый сланец; 5 — известняк.

Надо отметить, что характерная для всякого геологического разреза параллельность слоев не нарушается, если в геологический разрез включаются континентальные образования.

Отсюда геологическую свиту надо рассматривать как результат общего взаимодействия между сушей и морем.

В итоге каждый геологический разрез в форме последовательности слоев отражает те колебательные движения, которые привели к образованию этого самого геологического разреза. В то же время этот разрез дает нам возможность судить не только о происходивших колебательных движениях, но и об их исторической последовательности.

Колебательные движения развиваются закономерно, с определенной периодичностью. В результате этого изменяется рельеф, размеры суши и морских бассейнов, а также отношение между восходящими и нисходящими движениями земной коры.

Изучение истории колебательных движений дает основание считать, что колебательные движения обладают некоторыми определенными и характерными для них свойствами. Основными их

свойствами являются повсеместность и постоянство. Следы этих движений запечатлелись в форме слоистости, изменении фаций, трансгрессий и регрессий, различной мощности отложений, наличии стратиграфических перерывов в процессах осадконакопления.

Следующим свойством служит обратимость движений, выражающаяся в смене восходящих движений нисходящими.

Колебательные движения обладают свойством полярности, заключающимся в том, что всегда одновременно существуют области поднятия и области опускания земной коры. Так, если в одном месте идет накопление осадков, то в другом одновременно происходит размыв.

Размеры участков поднятия и опускания земной коры различны — от размера почти целого материка (поднятия четвертичного периода) до нескольких километров в поперечнике. Из числа других свойств колебательных движений надо отметить мелкую прерывистость, практически выражающуюся слоистостью пород; периодичность движений, фиксируемых периодическими изменениями фаций в разрезе; сложность геологических разрезов, обусловленных наложением мелких колебаний на более крупные.

Рассматривая общий ход колебательного процесса во времени, можно отметить, что определенным стадиям процесса соответствуют типичные комплексы осадочных толщ, которые именуются осадочной формацией.

Таким образом, фации и формации осадков находятся в теснейшей связи с колебательными движениями земной коры и являются основными документами геолога для восстановления истории возникновения и развития изучаемой территории или участка земной коры.

## Глава III

### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ТИПАХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ И О СВОЙСТВАХ ГОРНЫХ ПОРОД

#### § 1. Обзор важнейших типов тектонических нарушений

При изучении и установлении закономерностей в современном пространственном распределении горных пород в земной коре геологу в процессе геологического картирования приходится наблюдать различные формы изменения залегания горных пород, обусловленные тектоническими движениями.

Все тектонические движения могут быть подразделены на три основных типа: колебательные, волновые и складчатые (табл. 8).

Колебательные движения однозначно и одновременно проявляются на весьма больших участках земной коры, и в результате этого происходят трансгрессии и регрессии в пределах морских бассейнов. Мелкие колебательные движения служат причиной образования слоистости.

Волновые движения непрерывно проявляются по всей поверхности земли и выражаются в поднятии одних участков и опускании других. Эти движения имеют первостепенное значение в изменении строения земной коры. Следствием волновых движений являются накопление мощных толщ осадочных пород в зонах погружения и размыв более древних осадков, а также вулканических и метаморфических образований в зонах поднятий. Характерным свойством этой группы движений является примерное соответствие амплитуды смежных волн поднятия и опускания. В сочетании с колебательными движениями волновые движения обуславливают изменение литологического состава осадков по вертикальному разрезу.

Складчатые движения заключаются в необратимой пластической деформации слоев, приводящей к смятию последних в складки и нарушению их сплошности разрывами.

В отличие от более крупных структурных форм, созданных волновыми движениями, складки относительно быстро затухают или изменяют свою форму с глубиной. Складчатые движения обнаруживают отчетливую зависимость от режима волновых движений, выражающуюся в том, что складкообразование развивается лишь на фоне интенсивных волновых поднятий, по периферии зон под-

Основные типы тектонических движений и их признаки  
(по В. Е. Ханну)

Категория, признак	Типы движений		
	колебательные	волновые	складчатые
Характер движений	Смена центростремительных движений центробежными	Волнообразное, иногда осложненное разрывами, коробление земной коры, прогибающее на сотни километров	Пластические деформации с образованием складок, часто осложненных разрывами
Направление движений	Нормальное к поверхности геоида	Нормальное к поверхности геоида	В основном параллельно или под небольшим углом к поверхности геоида
Характер изменений структуры земной коры	Общее опускание и поднятие крупных участков или всей поверхности геоида	Возникновение сопряженных зон поднятия и опускания	Образование относительно мелких складок и разрывов, затрагивающих ограниченную по мощности толщу слоев
Течение во времени	Ритмичное	С периодическими ускорениями и замедлениями	С периодическими резкими ослаблениями и повышениями интенсивности
Проявление в пространстве, амплитуда и знак	Повсеместное, однозначное и с одинаковой амплитудой	Повсеместное, с закономерно и волнообразно изменяющимися амплитудой и знаком	Локализованное в относитель-но узких зонах по периферии поднятий, с измененной амплитудой и правильной сменной зна-ка
Отражение в осадконакоп-лении	Образование слоистости, сме-на состава осадка в вертикаль-ном разрезе	Образование миграционной слоистости, изменение состава осадков и мощности в горизон-тальном и вертикальном разре-зах	Местные изменения состава и мощности осадков; вторичные изменения мощности вследствие пластической деформации

нения. Напряженность складчатости тем значительнее, чем более интенсивным было погружение данного участка земной коры и чем более мощным было последующее ее воздымание.

Все изменения, обусловленные тектоническими движениями, периодически происходящие в земной коре, вызывают образование тектонических нарушений, которые приводят к изменению структурных форм земной коры, а также изменению распределения в ней различных горных пород.

Изучение истории структурного развития различных участков земной коры показывает, что эти движения обуславливают возникновение таких нарушений, как поднятие и опускание земной коры, образование складок, трещин, разрывов и внедрение магматических масс. Основные структурные формы — крупные поднятия и прогибы — создаются волновыми движениями, а осложняющие их более мелкие складки и разрывы — складчатыми движениями.

В структурной геологии выделяются два типа тектонических нарушений: складчатые и разрывные.

Складчатые нарушения (или пликативные) представляют собой пластическую деформацию земной коры, при которой образуются антиклинальные, синклинальные, моноклинальные и другие складки. При этом участок земной коры, смятый в складки, не может вернуться к первоначальному состоянию и каждая отдельная складка, однажды образовавшаяся, исчезнуть не может.

Разрывные нарушения (или дизъюнктивные) выражаются в образовании в земной коре трещин, разломов или разрывов, по которым может происходить относительное смещение отдельных участков земной коры. Примерами таких нарушений являются сбросы, взбросы, надвиги, трещиноватость.

В предыдущей главе уже упоминался важнейший тип вертикальных движений земной коры — колебательные движения, в зависимости от которых развиваются складчатые и разрывные нарушения в осадочной толще земной коры.

## § 2. Физические свойства горных пород, влияющие на развитие тектонических нарушений

Горные породы, слагающие земную кору, характеризуются не только исключительным разнообразием химического состава, но обладают различными физическими свойствами, значительно влияющими на возникновение и развитие перечисленных выше тектонических нарушений.

К числу этих основных физических свойств горных пород относятся пластичность, хрупкость, вязкость, твердость и др.

Пластичность горных пород — это способность породы принимать под действием давления любую форму, не подвергаясь при этом разрушению, и сохранять эту форму до нового приложения сил.



Хрупкость горных пород представляется как свойство твердых тел разрушаться под действием нагрузки.

Твердость горных пород — это способность их сопротивляться изменению формы под влиянием давления. Для жидких горных пород (нефть, вода и др.) это физическое свойство называется вязкостью и представляет собой внутреннее трение жидкости или газа, наблюдаемое при относительно перемещении одних слоев жидкости или газа по отношению к другим. Вязкость зависит от сил сцепления между молекулами.

Сжимаемость горных пород рассматривается как явление, связанное с уменьшением объема породы при всестороннем сжатии.

Способность горных пород сопротивляться всестороннему сжатию называется несжимаемостью или упругостью.

Условия, влияющие на физические свойства горных пород.

Все горные породы, участвуя в разнообразных движениях земной коры, вызывающих возникновение складчатых и разрывных нарушений, находятся в различных условиях, от которых зависят степень деформации пород и интенсивность развития тектонических нарушений.

Из практики геологического изучения земной коры нам известно, что горные породы, будучи весьма твердыми и хрупкими, в пределах складчатых областей наблюдаются смятыми в сложные складки. Такое развитие складкообразования могло возникнуть только в породах, находящихся под большим всесторонним давлением, вызванным весом вышележащих пород.

Этот фактор — влияние всестороннего давления — является одним из основных условий, резко отражающихся на физических свойствах горных пород. К числу других факторов относятся влияние температуры, растворов и времени. Повышение температуры увеличивает пластичность горных пород; растворы способствуют перекристаллизации минералов. Все физические свойства горных пород, как пластичность, вязкость, сжимаемость и др., при условии влияния перечисленной группы факторов в значительной степени изменяются и в связи с этим резко возрастает активность тектонических движений земной коры.

Фактор влияния времени среди других, оказывающих свое воздействие на физические свойства горных пород, является наибольшим.

Известно, что многие тела, обладающие хрупкостью (лед, смола) при ударе под действием силы тяжести деформируются пластично и приобретают способность течь (так, например, лед стекает с гор в виде ледников).

Горные породы в геологических условиях обладают именно такими свойствами и могут испытывать такое пластическое течение большого размера благодаря влиянию времени. Процессы движения, происходящие в земной коре, можно наблюдать и в настоящее

время. Так, в Калифорнии производится наблюдение над «живым» надвигом, который продолжает двигаться со скоростью 6,25 см в год и вызывает смещения колонн обсадных труб буровых скважин, пробуренных через него<sup>1</sup>.

Все эти и ряд других условий оказывают весьма существенное влияние на общий характер физических свойств горных пород и соответственно отражаются на интенсивности развития тектонических нарушений.

#### Упругие и пластические деформации и их развитие в разных условиях (основные понятия)

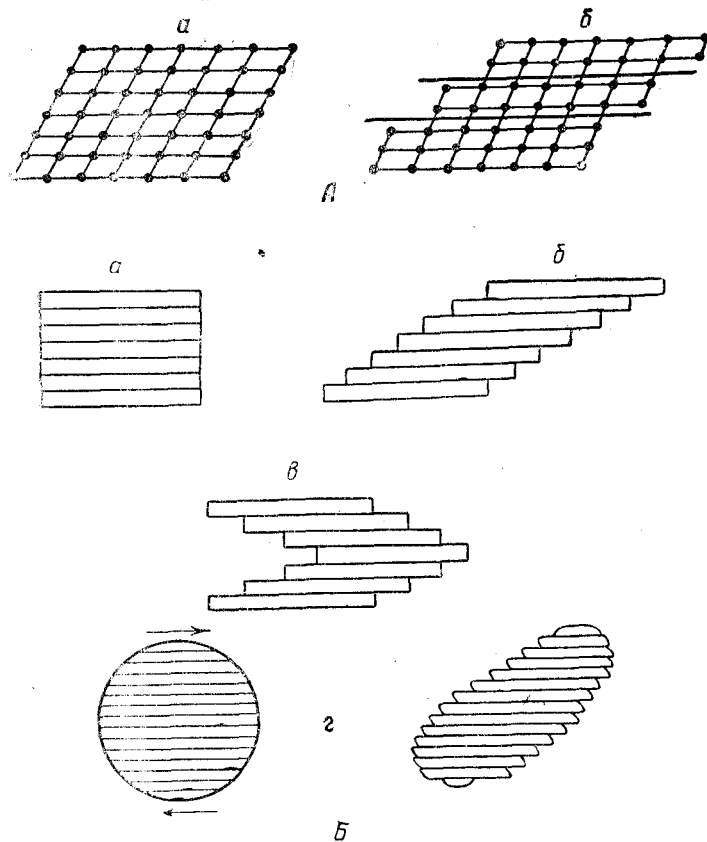
В каждом твердом теле, каким являются горные породы, все элементарные частицы (молекулы, атомы) имеют определенное расположение, которое в силу тепловых колебаний постоянно, но незначительно нарушается: молекулы колеблются в небольших пределах около своих средних положений. При этом частицы стремятся к наиболее энергетически выгодному расположению. Однако когда приложенная посторонняя сила пытается сдвинуть часть молекул относительно другой, молекулярные силы оказывают сопротивление; этим обусловлена твердость породы. Смещенные же молекулы стремятся вернуться в исходное положение — это пример упругой деформации. Пластическая деформация горных пород является наиболее важной и существенной, так как она оставляет необратимые формы, наблюдаемые при изучении земной коры.

Проявление пластической деформации выражается как междузерновое скольжение, трансляционное движение, движение по кристаллографическим плоскостям и перекристаллизация.

Междузерновое скольжение происходит за счет перемещения, перераспределения зерен минералов, входящих в состав горных пород. Например, песчаники состоят из округлых сцементированных зерен кварца, известняки — из мелких сросшихся вместе кристаллов кальцита и т. д. Если такие породы подвергать сжатию, то определенные кристаллы и зерна могут двигаться независимо друг от друга. В процессе этого движения зерна и кристаллы поворачиваются, перекатываются и принимают новые положения. Кристаллы таких минералов, как слюда, роговая обманка и др., имеющие вытянутую форму, располагаются ориентированно, в соответствии с направлением приложения сил — источника деформации. Надо отметить, что такое ориентированное положение зерен и кристаллов в породе возникает не сразу, а устанавливается постепенно; скольжение должно быть достаточно длительным (здесь имеет большое значение фактор влияния времени, о котором упоминалось выше) и иметь достаточную амплитуду, чтобы все или значительное количество зерен повернулись на необходимый угол.

<sup>1</sup> Белоусов В. В. Общая геотектоника, стр. 275. Госгеолиздат, 1948.

Междоузерные скольжения возможны в рыхлых породах (глинах, песках и др.). В более твердых породах наблюдаются внутризерновые движения, которые происходят по плоскостям внутри зерен (соответственно рядам кристаллической решетки) (фиг. 41, А). Такое смещение по кристаллографическим плоскостям называется



Фиг. 41. Деформация горных пород.

А — скольжение при параллельном перемещении атомов: а — первоначальное расположение атомов, б — расположение атомов после скольжения; В — перемещение кристаллов при деформации: а — первоначальный кристалл; б — сдвиг в кристалле; в — двойникование; г — превращение сферического зерна в эллипсоидальное.

трансляционным скольжением. Последнее изменяет ориентировку зерна, его форму: круглое зерно становится удлинённым, эллиптическим, прямоугольное — скашивается и принимает ромбическую форму (фиг. 41, Б).

В очень твердых породах и при большом давлении пластическая деформация выражается в форме ориентированной перекристаллизации. Этот процесс выражается в том, что кристалл подвергающийся дифференциальному давлению по двум различным направ-

влениям, становится тоньше по направлению давления и удлиняется в перпендикулярном направлении.

Такая перекристаллизация, сопровождаемая перемещением молекул на свободные от давления грани, вызывает также изменение оптической ориентировки кристаллов.

В итоге можно выделить два вида ориентировки кристаллов — по форме за счет перекатывания и трансляции и оптической, связанной с перекристаллизацией.

Результатом ориентировки кристаллов и зерен является сланцеватость.

Развитие пластической деформации в разных условиях различно, но общая схема этого явления представляется в такой определенной последовательности. Начало развития, нужно полагать, обусловлено междоузерным скольжением. По мере того как зерна поворачиваются в положение, параллельное скольжению, и порода под влиянием давления уплотняется, наступает состояние, когда возникают внутризерновые скольжения и происходит трансляция, а затем и перекристаллизация.

Пластическая деформация горных пород, как и всякого твердого тела, обусловленная давлением, имеет определенный предел, называемый пределом пластичности или пределом упругости, после которого наступает возникновение трещиноватости, а затем и разрушение горных пород. Эти нарушения в земной коре имеют различный характер и являются основным объектом изучения структурной геологии. При этом надо учитывать, что все горные породы подвержены всем известным типам деформации — упругой, пластической и разрывной.

Повторяющиеся усилия и последующие колебания волн землетрясений вызывают проявление упругих деформаций в земной коре, но эти явления не могут быть наблюдаемы в полевых условиях при геологическом картировании.

Пластическая деформация проявляется в различных формах складкообразования, поэтому имеет весьма широкое распространение в практике геологических исследований и в первую очередь при изучении нефтяных и газовых месторождений.

Разрывные деформации наблюдаются в образовании трещин, сбросов и различных типов кливажа, с которыми генетически связаны месторождения рудных полезных ископаемых.

Два последних типа деформации являются важнейшими типами тектонических нарушений во всех отраслях теоретической и практической геологии.

## Глава IV

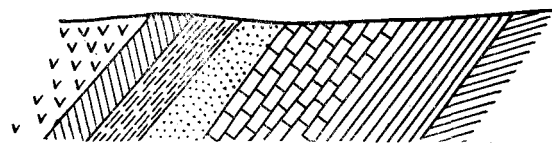
### НАКЛОННОЕ ЗАЛЕГАНИЕ СЛОЕВ

Первичной формой залегания слоев осадочных отложений, как это отмечалось выше (глава II), является горизонтальное или слабо наклонное положение их.

Такие формы залегания слоев имеют широкое развитие среди молодых, современных, образований, не испытавших еще многократных и значительных нарушений, изменений и перемещений со времени своего образования в платформенных условиях и его пологих структурах.

#### § 1. Моноклиналиное залегание слоистых толщ

подавляющее большинство осадочных отложений, испытавших на себе в той или иной степени влияние тектонических процессов, имеет наклонное залегание, которое представляется как результат



Фиг. 42. Моноклиналиное залегание свиты слоев.

нарушения или дислокации первичного залегания слоев. Наиболее распространенной формой такого дислоцированного расположения слоев является моноклиналиное залегание, характеризующееся наличием однообразно и односторонне наклоненных слоев (фиг. 42).

Подобную форму залегания слоев можно наблюдать во всех тектонических структурах и типах нарушений. При этом каждый выведенный из своего горизонтального положения слой или пласт представляет наклоненную плоскость (условно принятую в подошве или кровле его), положение которой в пространстве отделяется элементами залегания пласта (или слоя).

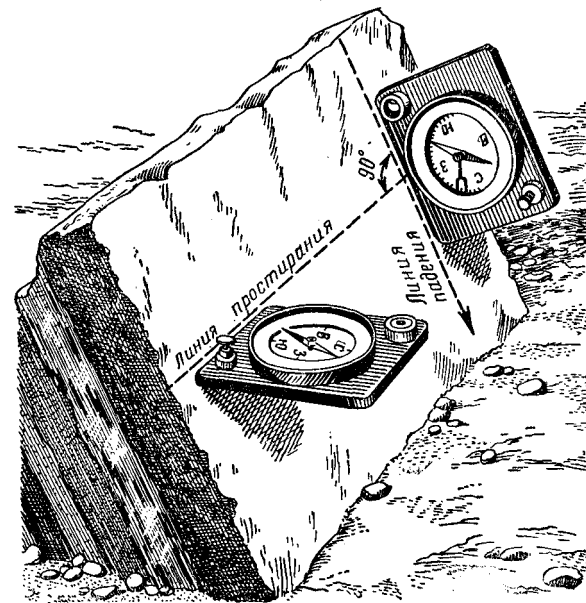
#### Элементы залегания пласта

К элементам залегания пласта относятся линия простирания, линия падения и угол падения.

Линия простирания пласта представляет собой линию пересечения плоскости пласта (подошвы или кровли) с горизонтальной

плоскостью (фиг. 43). Линия простирания является горизонтальной линией, лежащей в плоскости пласта.

При графическом изображении пласта в пространстве можно провести ряд горизонтальных линий, причем если провести их на определенном заданном вертикальном расстоянии (например, через 10, 50, 100 м), что эти линии будут являться горизонталями пласта (фиг. 44, а). Проекции этих линий, спроектированные на



Фиг. 43. Элементы залегания пласта и их определение.

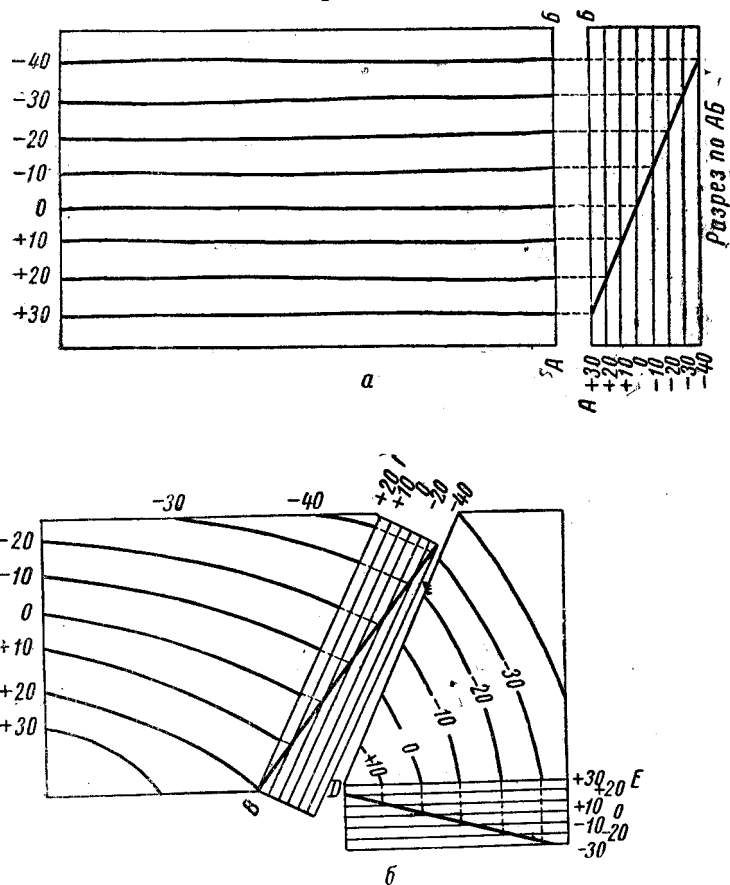
горизонтальную плоскость, представляют собой ряд линий простирания с определенными высотными отметками (положительными или отрицательными по своим количественным значениям), прекрасно передающими залегание пласта.

Линия простирания пласта указывает характер изменения направления наклона пласта. Положение кровли или подошвы пласта в вертикальном сечении показано на разрезах. Принцип построения очевиден из чертежа. Если изменяется направление простирания пласта, то меняется направление линий простирания на плане, как это изображено на фиг. 44, б.

Линия падения представляет собой линию, лежащую в плоскости пласта (подошвы или кровли) и указывающую направление его максимального наклона, т. е. направление падения пласта.

Линия падения пласта всегда является перпендикулярной к его линии простирания (см. фиг. 43). Направления падения и простирания пласта выражаются в градусах от 0 до 360° с обозначением их по странам света. Эти направления называются азимутами

простирания и падения. Азимутом называется угол между заданным направлением в горизонтальной плоскости и направлением северного конца меридиана, отсчитываемый по ходу часовой стрелки. Замеры азимутов определяются при помощи горного компаса. Последний представляет собой буссоль, укреплен-



Фиг. 44. Пространственное изображение наклонно залегающего пласта с обозначением его простирания на различных определенных отметках. а — изображение линейно вытянутого пласта (в плане) проекциями линии простирания, взятыми на различных отметках; б — изображение изогнутого пласта (в плане) проекциями линии простирания, взятыми на различных отметках.

ную на медной или алюминиевой прямоугольной пластине (фиг. 45). В отличие от обычного компаса здесь деления от 0 до 360° на лимбе идут против часовой стрелки с соответствующей перестановкой знаков З и В, выгравированных на днище компасной коробки. Подобная перестановка дает большое преимущество в пользовании компасом для определения азимута какого-либо направления.

Азимут получается простым отсчетом градусов, показываемых вороненным концом магнитной стрелки. При этом горный компас

необходимо держать горизонтально и в строго определенном положении. Обычно азимуты определяются горным компасом с руки.

Расположение горного компаса и отсчет градусов при определении азимута производятся так, как указано на фиг. 46. Компас держат в левой руке и располагают так, чтобы конец его с обозначением севера (С) был направлен вперед от наблюдателя — в направлении определяемого азимута. Правой рукой тормозят излишние движения магнитной стрелки при помощи винта — арретира. Последний представляет собой рычажок, приостанавливающий движение магнитной стрелки путем прижимания стрелки к стеклу компаса. Точность отсчета по лимбу достигает 2°.

При работе с компасом надо быть уверенным в его точности и надежности наблюдений. При выборе компаса его надлежит проверить во избежание ошибок при работе с ним. Необходимо, чтобы:

1) линия С—Ю на дне компаса была параллельна длинной стороне пластинки компаса; для проверки нужно снять компас с пластинки (отвинтить винты) и проверить циркулем параллельность этой линии;

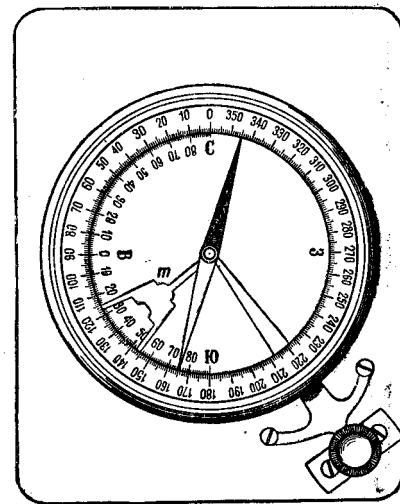
2) стрелка компаса свободно и плавно вращалась на острие; для проверки этого необходимо вызвать каким-либо металлическим предметом отклонение стрелки и посмотреть, как быстро и в первоначальное ли положение вернется стрелка;

3) показания обоих концов стрелки отличались один от другого на 180°;

4) коробка компаса и пластинка не были магнитными; для проверки этого стрелку вынимают из компаса, насаживают на конец острой иглы и смотрят, влияет ли на стрелку приближение к ней корпуса горного компаса.

Третьим элементом залегания пласта (слоя) является угол падения пласта (слоя). Последний представляется как наибольший угол, образуемый плоскостью пласта (подшовой или кровлей) с горизонтальной плоскостью (см. фиг. 43); отсчитывают этот угол по линии падения.

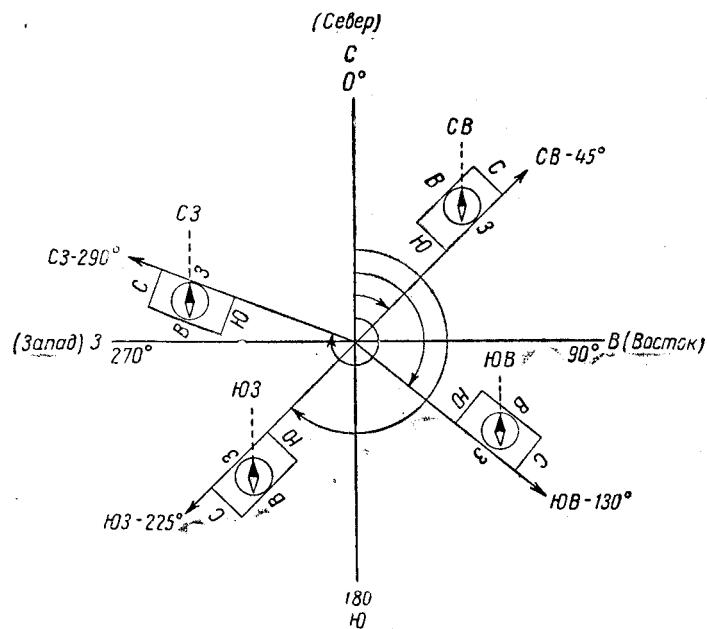
Угол падения измеряется в градусах от 0 до 90° при помощи горного компаса. Для этого в донной части компасной коробки под делениями лимба, нанесены обычные градусные деления транспортира (90°—0—90°).



Фиг. 45. Горный компас.

На оси магнитной стрелки подвешен отвес со стрелкой, скользящей по делениям. Это приспособление, носящее название клинометра, служит для измерения углов падения пласта; оно может быть использовано и как эклиметр для определения угла наклона местности при изучении обнажений или склонов рельефа. Для зажима магнитной стрелки и клинометра компас снабжен двумя винтами.

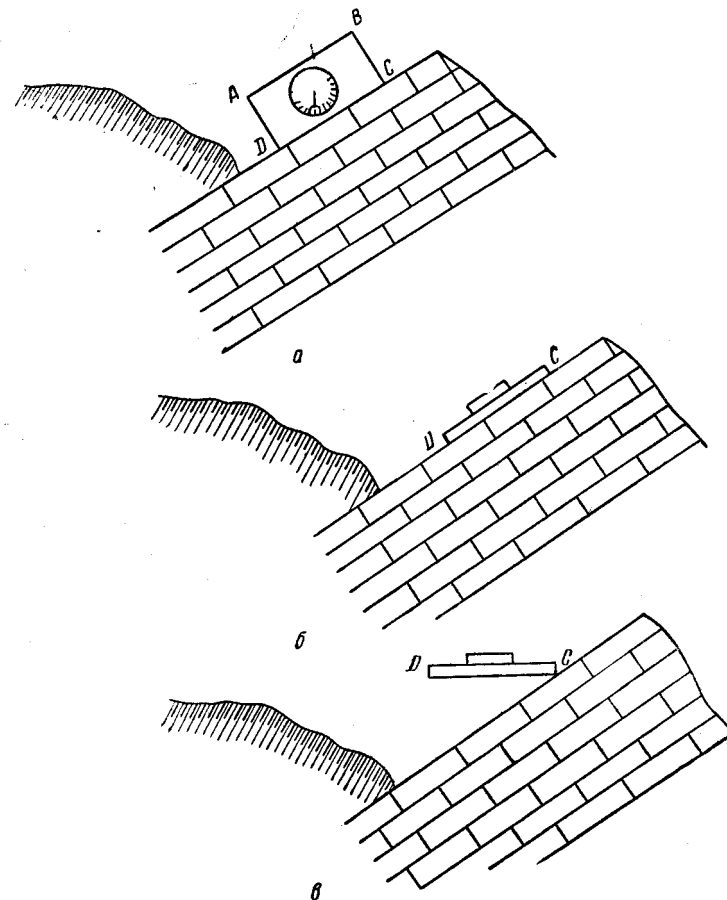
Для проверки клинометра (или отвеса горного компаса) необходимо, чтобы клинометр показывал  $0^\circ$  при установке компаса вертикально на ребро длинной стороны пластинки на строго горизонтальную поверхность и  $90^\circ$  — при установке на вертикальную поверхность.



Фиг. 46. Отсчет градусов по большому лимбу горного компаса при определении азимута.

Для определения линий падения и простирания пласта на выбранной площадке пласта устанавливают горный компас своей длинной стороной дощечки на ребро, причем магнитная стрелка должна быть арретирована, а отвес опущен (фиг. 47, а). Удерживая компас в таком положении, вращают его около точки *C* и наблюдают за показаниями отвеса. В положении компаса, при котором отвес покажет наибольший угол, вдоль ребра компаса прочерчивают на плоскости пласта прямую, которая показывает направление линии падения. Для нахождения азимута этого направления компас осторожно поворачивают, вращая около линии *CD*, пока дощечка его не совместится с плоскостью напластования (фиг. 47, б). По короткому ребру дощечки компаса прочерчивают линию *BC*,

которая является линией простирания. Вращая компас вокруг линии *BC*, приводят его в горизонтальное положение (фиг. 47, в). Затем отпускают магнитную стрелку и производят отсчет азимута направления линии падения, или просто азимута падения. Последний будет отличаться от азимута простирания на  $90^\circ$ .



Фиг. 47. Определение элементов залегания пласта в обнажении.

Азимут простирания имеет два противоположных направления, отличающихся между собой на  $180^\circ$  (например, Аз. простирания ЮВ  $130^\circ$  — СЗ  $310^\circ$ ), но каждый из них на  $90^\circ$  больше или меньше азимута падения пласта. Элементы залегания пласта наносят на геологические карты и профили и указывают в описаниях обнажений. На картах обозначают только азимут падения и угол падения. Например, Аз. падения ЮЗ  $210$ , угол падения  $12$ .

Обозначения этих элементов на картах и планах изображаются так, как указано на фиг. 48. Кроме того, на фиг. 48 даны все полевые обозначения горных выработок различных полезных ископаемых и др.

<p>--- Контакт согласно и непрерывно пластующихся свит (наблюдаемый и предполагаемый)</p> <p>--- Контакт трансгрессионный или с угловым несогласием (наблюдаемый и предполагаемый)</p> <p>--- Контакты активные изверженных пород (наблюдаемые и предполаг.)</p> <p>--- Контакты тектонические (набл. и предп.) (жирные или красные линии)</p> <p>○ 325 Обнажение и его N</p> <p>○ Выход пород (внутри) среди наноса</p> <p>↘ 25 Простираение, падение и угол падения</p> <p>⊕ Горизонтальное залегание</p> <p>↖ Вертикальное залегание (стрелка в сторону кровли)</p> <p>↗ 35 Спрокинутое падение и угол падения</p>	<p>⊗ Рудник работающий</p> <p>⊗ заброшенный</p> <p>□ (■) Шахта и штальня</p> <p>⊙ Буровая скважина</p> <p>○ Родники холодный и горячий</p> <p>● То же минеральные</p> <p>⊗ Признаки нефти</p> <p>■ битумы</p> <p>⊗ Газы</p> <p>+ Pb Металлическое ископаемое</p> <p>(○ Au Ag Cu Mn Ni Pb Sn Fe Zn) Неметаллическое ископаемое</p> <p>+ Строительные материалы</p>
<p>~ Преобладающее падение</p> <p>~ Нарушенные пласты</p> <p>~ Купол</p> <p>1 2 Сброс вертикальный (с упавшим крылом 1 и неопределенного направления 2)</p> <p>↘ 60 Сброс падающий 60°</p> <p>↘ 60 Взброс (или надвиг), падающий 60°</p> <p>↘ 60 Направление (L 25°) борозд скольжения на сбросователе под L 50° (стрелка-движение висящего крыла)</p> <p>↘ 25 То же, когда известен только наклон борозд скольжения</p> <p>↘ 60 Сдвиг падающий 60°</p> <p>⊕ Ось антиклинали</p> <p>⊕ То же синклинали</p> <p>→ Направление погружения шарнира антиклинали</p> <p>← То же синклинали</p> <p>↖ (↗) Спрокинутая антиклиналь и падение крыльев</p> <p>↖ (↗) То же синклинали</p>	<p>⊗ Бараний лоб</p> <p>⊙ Конкреции</p> <p>⊗ Зерчатые валуны</p> <p>1 2 3 Морские террасы</p> <p>4 Речные "</p> <p>~ Террасовые уступы</p> <p>~ Береговые валы</p> <p>~ Кары</p> <p>⊗ Места находок позвоночных</p> <p>⊗ " " беспозвонч. (пресноводн. морских)</p> <p>⊗ " " растит. остатков</p> <p>~ М Подводно-оползневые деформации</p>

Фиг. 48. Основные условные обозначения, применяемые при всех видах геологической съемки.

Длина стрелки не является каким-то произвольно выбранным и постоянным отрезком, а представляется величиной определенного значения, находящейся в непосредственной зависимости от угла падения. Объясним эту зависимость графически.

На фиг. 49 изображены в вертикальном сечении два случая наклонно лежащих слоев, углы падения которых различны. В кровле каждого из этих слоев отложим одинаковые отрезки  $OK$ , которые можно представить как отрезки линии падения. Спроектируем оба этих отрезка линии падения на горизонтальную плоскость и изобразим их как линии направления падения  $OK'$ . Из этого построения видно, что длина отрезков зависит от величины углов падения и практически выражается так: чем меньше угол падения слоя, тем длиннее стрелка и, наоборот, при крутом угле падения длина стрелки уменьшается и выражается точкой при вертикальном положении слоя.

В практике геологических наблюдений геологу иногда приходится отмечать еще линию восстания пласта, которая показывает направление, противоположное направлению падения пласта.

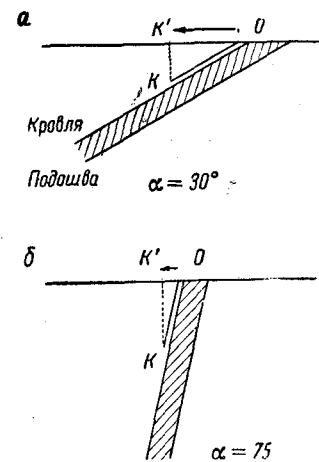
Кроме истинного падения, при изучении элементов залегания слоя в поле часто наблюдаются видимые падения, которые замеряются в случайно ориентированных сечениях, обнаженных на поверхности земли.

#### Зависимость между истинным и видимым углом падения

Видимое падение, отмечаемое в любом данном направлении, измеряется углом, образованным плоскостью слоя с горизонтальной плоскостью по любому данному направлению. Угол видимого падения всегда меньше истинного, так как находится между линией падения (по направлению которой угол падения максимальный) и линией простираения (по направлению которой угол падения равен нулю). Отсюда видимое падение может иметь любое направление и соответственно непостоянный угол падения, который всегда меньше истинного (фиг. 50).

Эту зависимость между истинным и видимым углами падения нетрудно доказать графически и математически.

Пусть плоскость наклонного пласта  $B$  пересекается с горизонтальной поверхностью  $A$  по линии  $OO$ , которая является линией простираения пласта (фиг. 51). Проведем вертикальную плоскость  $bced$ , которая пересекает плоскости  $A$  и  $B$  по линиям  $bc$  и  $de$ . Опустив из точки  $b$  перпендикуляр на линию  $OO$ , получим точку  $a$ . Плоскость  $ace$  является случайно ориентированным вертикальным сечением, в котором замерены видимый угол падения  $\alpha$  и видимое направление падения  $ac$ . Из прямоугольного треугольника  $abd$  видно, что  $bd = ab \operatorname{tg} \alpha$ , где  $\alpha$  — истинный угол падения. Из прямо-

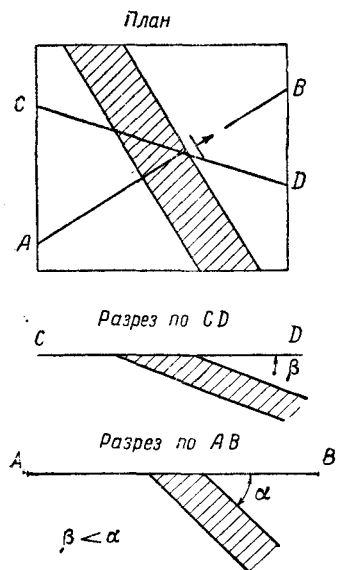


Фиг. 49. Зависимость между длиной стрелки на карте и численной величиной угла падения пласта. а — угол падения пологий; б — угол падения крутой.

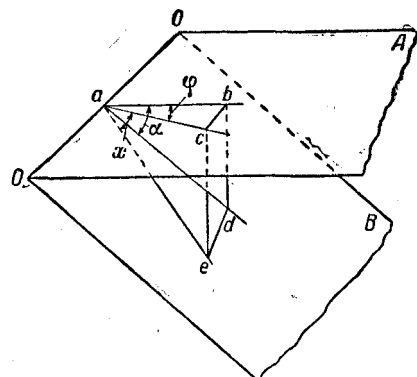
угольного треугольника  $ace$  имеем  $ce = ac \operatorname{tg} x$ , где  $x$  — видимый угол падения, и, наконец, из прямоугольного треугольника  $abc$  находим, что  $ab = ac \cos \varphi$ , где  $\varphi$  — угол, образуемый направлением падения и линией падения косога (случайно ориентированного) разреза.

Подставляя в последнее выражение значения из приведенных выше равенств, получаем

$$\frac{bd}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{ce}{\operatorname{tg} x} \cos \varphi,$$



Фиг. 50. Истинный ( $\alpha$ ) и измеренный ( $\beta$ ) углы падения в плане и в разрезе.



Фиг. 51. Зависимость между истинным и видимым углами падения.

а так как  $bd = ce$ , то окончательно получаем

$$\operatorname{tg} x = \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi,$$

т. е. тангенс видимого угла ( $x$ ) равен тангенсу истинного угла падения  $\alpha$ , умноженному на косинус угла  $\varphi$ , образуемого плоскостью видимого падения с плоскостью истинного падения.

При этом если этот последний угол отклонения численно будет невелик или приближаться к нулю, то

$$\operatorname{tg} x = \operatorname{tg} \alpha \text{ при } \angle \varphi = 0 \text{ и } \angle x = \angle \alpha.$$

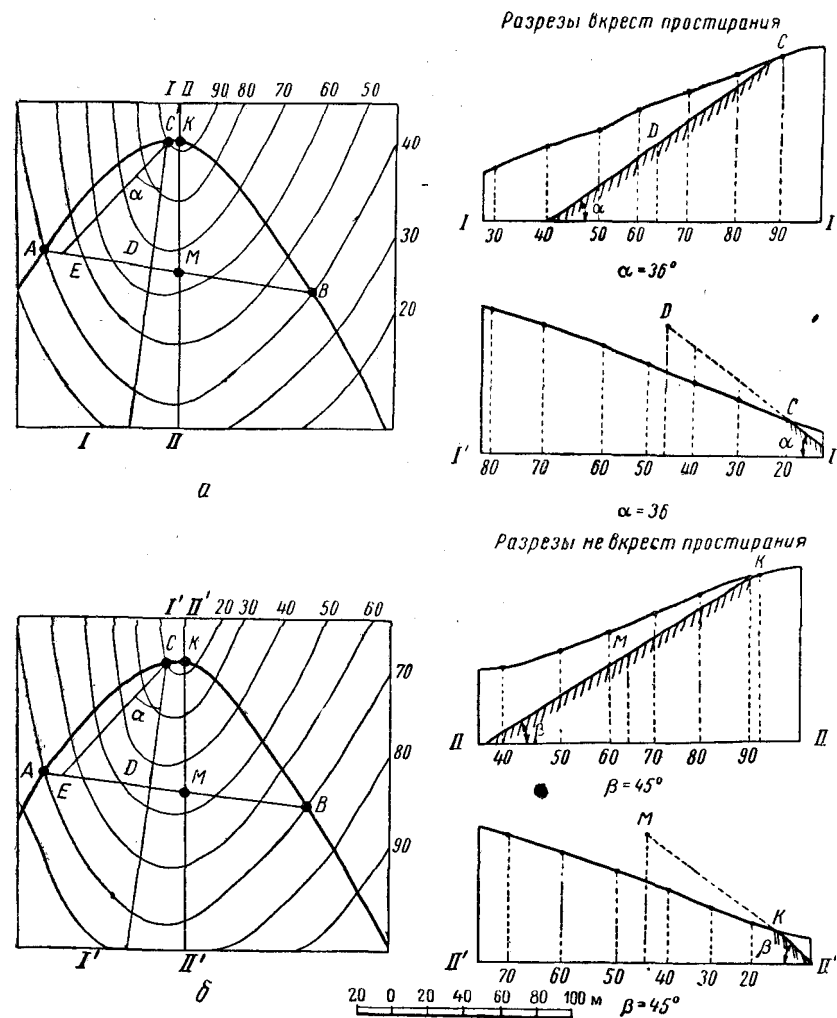
Наоборот, если угол  $\varphi$  будет увеличиваться и дойдет до  $90^\circ$ , то  $\operatorname{tg} x = 0$  и  $\angle x = 0$ , т. е. плоскость измерения видимого угла падения совпадает с направлением простирания пласта.

При изучении наклонно залегающих слоев и определении их положения в пространстве возможно применение графических методов решения.

#### Определение элементов залегания пласта на плане

Из элементарной геометрии известно, что положение плоскости в пространстве может быть определено тремя точками, находящимися не на одной прямой.

На топографическом плане след плоскости слоя (например, кровли) прослеживается в виде плавной кривой (фиг. 52, а). Требуется определить положение этой плоскости в пространстве, т. е. элементы



Фиг. 52. Определение элементов залегания плоскости пласта (кровли) на топографическом плане и в разрезе при различных формах рельефа.

а — рельеф возвышенный (холм); б — рельеф пониженный (впадина).

ее залегания. Для этого на плоскости слоя в плане находим три точки, из которых две ( $A$  и  $B$ ) лежат на одной горизонтали (40), а третья ( $C$ ) на другой (90). Соединяя точки  $A$  и  $B$  прямой, получаем линию, располагающуюся горизонтально на отметке 40. Поскольку линия  $AB$  двумя точками касается поверхности пласта,



то и вся она лежит на его поверхности. Так как линия  $AB$  горизонтальна, то она и является линией простирания. Из точки  $C$  проводим линию, перпендикулярную к линии простирания, и получаем азимут падения искомой плоскости наслонения.

Для определения угла падения этой плоскости от точки ( $D$ ) пересечения линии падения с азимутом падения откладываем по линии простирания отрезок  $DE$ , равный в масштабе карты разности высот между точкой  $C$  и линией  $AB$  (в нашем примере  $DE = 50$  м), и, соединив точку  $E$  с  $C$ , получаем графическое изображение истинного угла падения  $\alpha$ . Измеряя этот угол транспортиром, определяем его численную величину, выраженную в градусах. Полученные значения элементов залегания плоскости пласта выражаются так: Аз. падения ЮЗ 250,  $\angle 42$ .

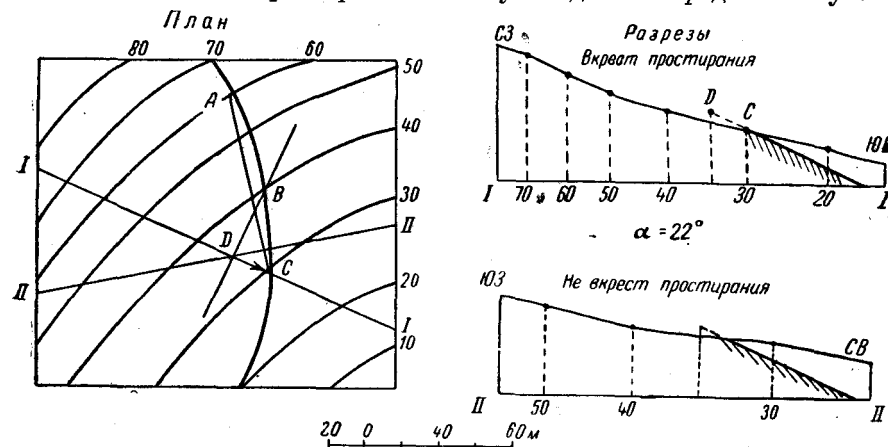
Пример, в котором расположение следа плоскости пласта и горизонталей рельефа в общей схеме аналогичны предыдущей, но абсолютные отметки горизонталей идут в обратном направлении, изображен на фиг. 52, б. Используя те же приемы построения, наблюдаем, что пространственное положение плоскости пласта иное и его элементы залегания количественно выражаются такими значениями: Аз. падения ЮВ 110,  $\angle 42$ .

Определение видимого угла падения, наблюдаемого по линии  $II-II$ , расположенной, как это видно на фиг. 52, а, не вкrest простирания следа плоскости слоя, производится по двум точкам ( $K$  и  $M$ ). Точку  $K$  — след плоскости пласта — переносят с плана на геологический профиль  $II-II$ . Вторая точка ( $M$ ) представляет собой точку пересечения линии профиля  $II-II$  с линией простирания и в данном случае имеет отметку 40. Спроектируем эту точку на нулевую (или условно взятую горизонтальную) линию профиля  $II-II$ , а по вертикали отложим высоту, равную отметке линии простирания (т. е. 40), и получим вторую точку следа пласта. Через точки  $K$  и  $M$  проводим линию, которая и является следом плоскости пласта в вертикальном сечении по линии  $II-II$ . Ту часть этого следа плоскости, которая находится ниже линии рельефа, обозначают сплошной линией, а находящуюся выше — пунктиром. Видимый угол падения определяется графически, как это указано, на геологических разрезах (см. фиг. 52) и равняется  $38^\circ$ .

Сопоставляя численные значения углов падения — истинного  $\alpha$  и видимого  $\beta$ , нетрудно убедиться, что максимальным является истинный угол падения.

В практике геологических работ наиболее часто приходится наблюдать такие примеры, когда все три точки плоскости наслонения находятся на разных высотных отметках. На фиг. 53 показан случай такого залегания следа плоскости. Для определения элементов залегания этой плоскости выбираем на ней три точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  с различными абсолютными отметками. Соединяем прямой линией точки  $A$  и  $C$ , имеющие минимальную и максимальную отметки, и путем пропорционального деления разделяем прямую  $AC$  на ряд одинаковых отрезков, равных разности отметок точек  $A$

и  $C$ . Найдя на этой линии точку  $D$  с отметкой, равной отметке точки  $B$ , проводим через эти две точки прямую линию  $DB$ , которая является линией простирания. Азимут падения определяют путем

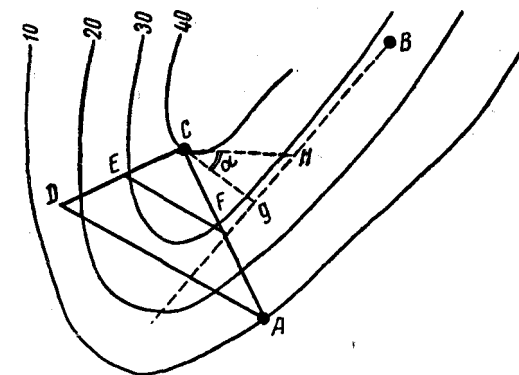


Фиг. 53. Определение элементов залегания пласта на основе проекции выхода его на топографическом плане и в разрезе.

опускания перпендикуляра из точки  $C$  (или точки  $A$ ) на линию простирания  $DB$ . Величина угла падения вычисляется аналогично предыдущим примерам.

Определение видимого угла падения показано на геологических разрезах (профили  $I-I$ ,  $II-II$ ), при изучении которых нетрудно убедиться, что и здесь видимые углы падения меньше истинных.

Определение элементов залегания в этих условиях возможно и другими методами. Например, даны три точки ( $A$ ,  $B$  и  $C$ ), взятые в кровле или подошве пласта (фиг. 54). Соединяем точки  $A$  и  $C$ , имеющие максимальную и минимальную отметки. Из точки  $C$  проводим перпендикуляр к линии  $AC$  в направлении, противоположном  $B$ , и на нем в масштабе плана откладываем разность высотных отметок между  $A$  и  $C$ . Таким образом находим точку  $D$ , которую затем соединяем с  $A$ . На линии  $CD$  от точки  $D$  к  $C$  откладываем



Фиг. 54. Определение элементов залегания пласта по трем точкам, расположенным на различных отметках.

разность высот между  $A$  и  $B$ , получаем точку  $E$ . Из последней проводим параллельно  $DA$  линию  $EF$ , на которой точка  $F$  по своей высотной отметке отвечает точке  $B$ . Отсюда линия  $BF$  является линией простирания. Опустив из точки  $C$  перпендикуляр к  $BF$ , находим азимут падения, а затем и угол падения  $\alpha$ .

**Форма выхода плоскости пласта в зависимости от угла падения пласта и рельефа поверхности**

В геологической работе как в поле при съемке, так и при чтении геологических карт часто приходится решать задачи, связанные с нанесением на план или карту выхода плоскости слоя. Выходом плоскости является линия пересечения плоскости напластования с земной поверхностью. Положение плоскости напластования может быть точно определено лишь при наличии точки выхода слоя, обозначенной на топографической карте, и элементов его залегания (азимута падения и угла падения).

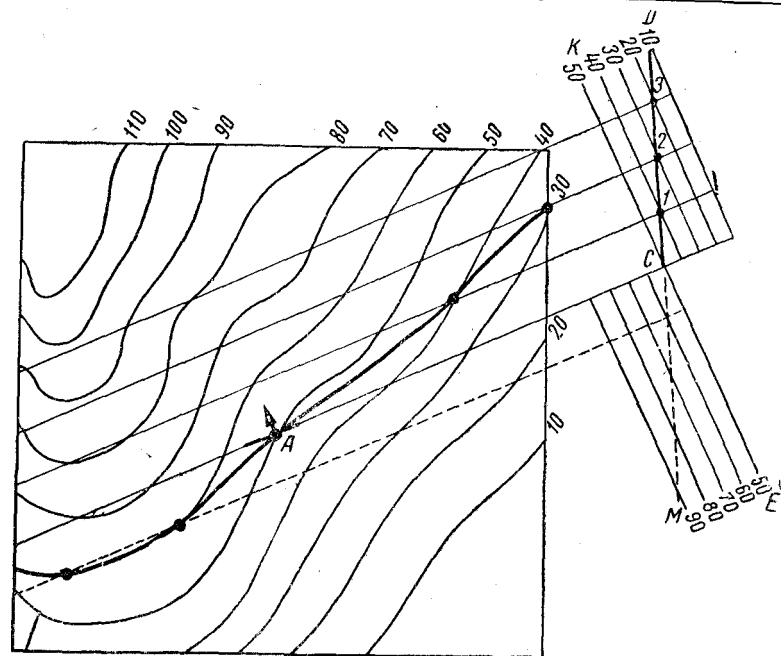
Решение такой задачи приведено на фиг. 55, *a*, где в точке  $A$  обнажается плоскость напластования с азимутом падения  $СЗ\ 330$ , углом падения  $20$ . Через точку  $A$  проведем линию простирания и продолжим ее за рамку планшета. В произвольно выбранной на этой линии точке  $C$  проведем перпендикуляр  $EK$ , который в отрезке  $CK$  является азимутом падения, а в отрезке  $CE$  — направлением восстания плоскости напластования. Абсолютная отметка этой линии, как и линии простирания, равна  $50$ . В точке  $C$  в направлении падения плоскости напластования строим угол  $KCD$ , равный углу падения по заданию. Затем от точки  $C$  по обе стороны проводим ряд параллельных линий на расстоянии, равном сечению горизонталей в масштабе карты, и обозначаем их соответствующими отметками.

Пересечение плоскости напластования  $CD$  с параллельными линиями дает ряд точек  $1, 2, 3$  и т. д., через которые в свою очередь проводим линии, параллельные линии простирания  $AC$ . Пересечение этих линий с одноименными горизонталями рельефа на плане отмечается точками, которые лежат на линии выхода плоскости напластования. Соединяя эти точки плавной кривой, изображаем выход всей этой плоскости на поверхность в пределах площади планшета.

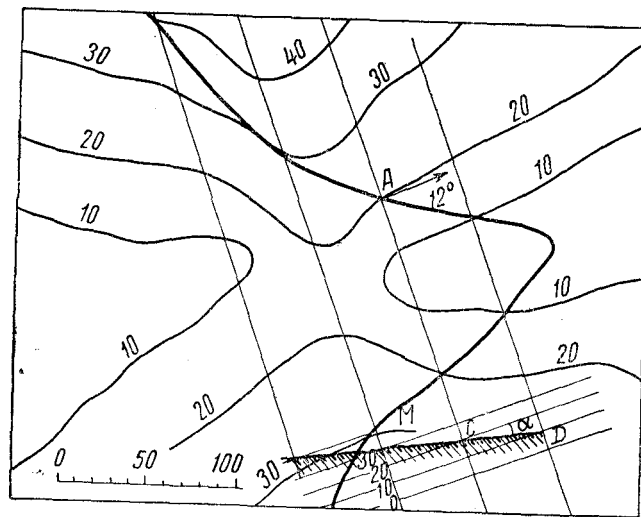
Примером несколько усложненного построения выхода плоскости наложения является случай, изображенный на фиг. 54, *b*, в котором точка  $A$  находится на пересечении с горизонталью и при определении выхода плоскости напластования необходимо сделать построение угла падения не только по падению (т. е. по линии  $CD$ ), но и по восстанию  $CM$ .

Все остальные построения аналогичны предыдущему.

Обобщая все построения выхода пласта на поверхность, можно вывести несколько правил, которые графически изображены на схемах (фиг. 56 и 57). На фиг. 56 изображен в плане (фиг. 56, *b*) и разрезе (фиг. 56, *a*) рельеф поверхности. Плоскость  $a$  падает в



*a*

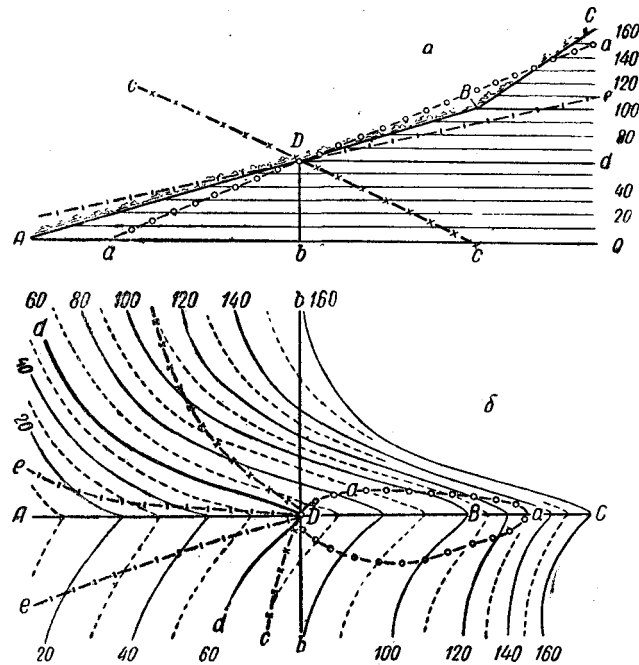


*b*

Фиг. 55. Построение выхода плоскости слоя на поверхность по заданным неизменяющимся элементам залегания его.

*a* — рельеф наклонный; *b* — рельеф расчлененный.

сторону склона поверхности, и ее форма в плане представлена в виде плавной кривой, обращенной своими концами от точки *D* к нулевой горизонтали. Плоскость *b* располагается вертикально, и на плане она прослеживается в виде прямой линии. Плоскость *e* по характеру своего размещения аналогична плоскости *a*, но ее угол падения меньше, чем угол склона поверхности. В плане этот след имеет овально вытянутую форму и располагается почти параллельно рельефу местности. Плоскость *c* имеет падение, про-



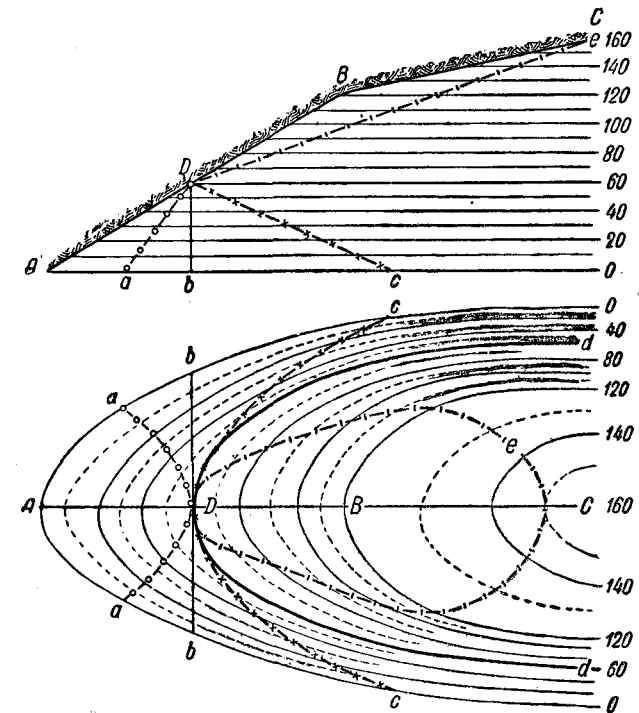
Фиг. 56. Схема пространственного положения плоскости пласта на плане и в разрезе при вогнутой поверхности рельефа.

тивоположное склону поверхности, и форма этого следа резко отличается от всех остальных и является прямо противоположной *a*. Плоскость *d* представляется горизонтальной, и ее форма совпадает с конфигурацией горизонталей.

Изменение рельефа поверхности, как это изображено на фиг. 57, приводит к изменению формы следа выхода плоскости напластования и перечисленные в первом примере плоскости здесь характеризуются иными очертаниями.

Необходимо сделать общее указание, что построение выхода пласта целесообразно при пологих углах падения плоскости наложения и наличии крупномасштабных планов — не мельче 1 : 50 000.

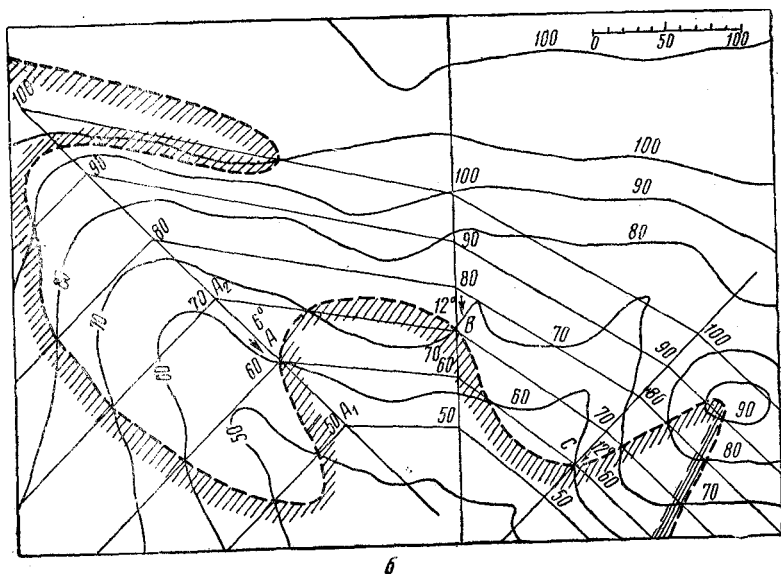
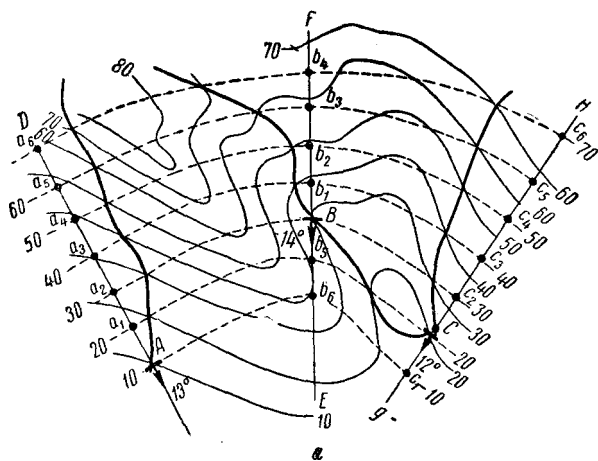
Наклонно залегающие слои, располагаясь моноклинально, могут сохранять свое простираие на сравнительно большом протяжении, и при плоском или слабо расчлененном рельефе поверхности этот след плоскости напластования имеет линейно вытянутый характер и приближается к прямой. Однако когда простираие плоскости наложения на небольшом расстоянии значительно изменяется, построение ее выхода на поверхность усложняется и здесь возможны приближенные решения, сущность которых заключается в следующем.



Фиг. 57. Схема пространственного положения плоскости пласта на плане и в разрезе при выпуклой поверхности рельефа.

На фиг. 58, *a* изображен участок, рельеф которого выражен в горизонталях. В точках *A*, *B* и *C* наблюдается выход пласта на поверхность и определены элементы залегания плоскости напластования. В точке *A* азимут падения ЮВ 160,  $\angle 13$ ; в точке *B* — ЮЗ 190,  $\angle 14$ ; в точке *C* — ЮЗ 250,  $\angle 12$ . Через точки *A*, *B* и *C* проведем линии вниз по падению и вверх по восстанию плоскости наложения *DA*, *EBF*, *GCH*. На каждой из этих линий, начиная от точек *A*, *B* и *C*, откладываем отрезки *Aa*<sub>1</sub>, *a*<sub>1</sub>*a*<sub>2</sub>, *Bb*<sub>1</sub>, *b*<sub>1</sub>*b*<sub>2</sub>, *Cc*<sub>1</sub>, *c*<sub>1</sub>*c*<sub>2</sub>, равные  $h = \text{ctg } \alpha$ , где *h* — высота сечения горизонталей, равная 10 м, а  $\alpha$  — угол падения пласта, соответственно равный 13, 14

и  $12^\circ$ . Из построения очевидно, что все обозначенные точки на линиях  $DA$ ,  $EF$  и  $gH$  имеют отметки, которые соответствуют горизонталям рельефа.



Фиг. 58. Построение выхода плоскости слоя на поверхность по измеренным элементам пласта при изменяющемся простирании его. а — методом сглаженных линий; б — методом прямых отрезков.

Соединив плавными линиями одноименные точки, полученные при пересечении линий простирания с горизонталями рельефа, построим выход плоскости наслоения пласта на дневную поверхность.

Соединять одноименные точки можно и прямыми линиями, как это показано на фиг. 58, б. При построениях следует отдавать предпочтение соединениям плавными кривыми линиями.

## § 2. Мощность наклонно залегающих слоев

Каждый слой или пласт, будучи ограничен сверху и снизу поверхностями, которые в наиболее простых случаях могут рассматриваться как параллельные, характеризуется своей толщиной, или мощностью.

Мощность слоев от одного участка слоя к другому изменяется. Изменения мощностей имеют большое значение при структурно-геологических и историко-геологических исследованиях, широко используемых в структурной геологии. Изменение мощности слоя может быть первичным и вторичным. Первое обусловлено неравномерным накоплением материала в процессе образования слоя; второе происходит в результате перераспределения материала, имевшего место после образования данного слоя.

Наряду с изменением мощности слоя в пространстве происходит также изменение мощности слоя и во времени за счет уплотнения и других причин, обусловленных увеличением нагрузки под действием вышележащих пород. При уплотнении существенным является литологическая характеристика пород. Конгломераты, песчаники и известняки уплотняются незначительно, тогда как глинистые породы уменьшаются в объеме до 80%.

Такое гравитационное уплотнение глин подразделяется (по А. Б. Ронову) на четыре стадии:

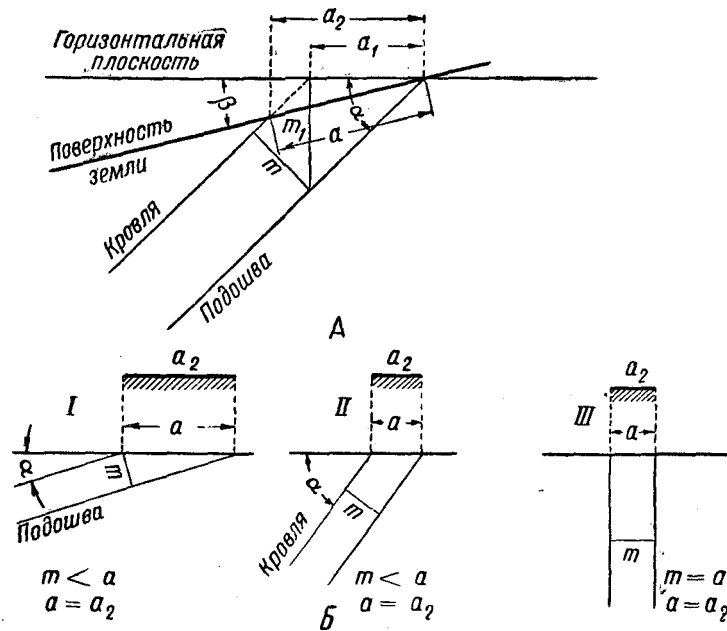
- 1) механическая перегруппировка (уменьшение пористости с 90 до 75% за счет механической перегруппировки и выжимания свободной воды вблизи поверхности отложения);
- 2) обезвоживание (понижение пористости до 35% за счет тех же факторов);
- 3) механическая деформация (уменьшение пористости до 10% на глубинах от 200 до 2000 м);
- 4) перекристаллизация (уменьшение пористости ниже 10% за счет растворения, перекристаллизации и потери химически связанной воды).

Таким образом, отмечаем, что уплотнение слоя породы вследствие нагрузки или тектонического давления может повлечь весьма резкое различие в мощности осадочных толщ. Необходимо учитывать, что различие в сжимаемости одновременно образовавшихся осадочных пород может вызвать образование неровностей, наклоны их кровли и нарушение первоначальных условий залегания покрывающих их отложений.

Мощность слоя или пласта, наблюдаемого в пределах ограниченной площади (обнажения), измеряется кратчайшим расстоянием между подошвой и кровлей слоя или пласта и называется истинной или действительной мощностью слоя или пласта.

При наклонном залегании слоев помимо истинной мощности наблюдается еще ряд величин, которые характеризуют слой или пласт и зависят от угла падения слоя и характера поверхности рельефа.

При рассмотрении сечения в плоскости падения к этим величинам относятся следующие (фиг. 59, А):  $a$  — видимая ширина выхода слоя по склону;  $a_1$  — ширина выхода слоя в горизонтальном срезе;  $a_2$  — проекция видимой ширины выхода слоя по склону на



Фиг. 59. Мощность слоя и ее измерения.

А — зависимость ширины выхода слоя на горизонтальную плоскость от угла падения его с учетом рельефа; Б — то же при горизонтальной поверхности рельефа.

горизонтальную поверхность;  $m$  — истинная (действительная) мощность слоя;  $m_1$  — вертикальная мощность слоя, или вертикальное расстояние между кровлей и подошвой слоя.

Ширина и форма выхода слоев на поверхность находятся в прямой зависимости от истинной мощности слоя, угла падения  $\alpha$  и угла среза  $\beta$ . Эту зависимость можно наблюдать в нескольких вариантах и графически представить в виде нескольких типичных примеров.

1. Слой залегает наклонно, поверхность земли горизонтальна (фиг. 59, Б).

На этой схеме истинная мощность слоя в положениях I, II и III взята одинаковой, но видимая ширина выхода  $a$  в случае I значительно больше, чем в случаях II и III. При этом наблюдаем, что ширина выхода слоя равна ее проекции  $a_2$ .

2. Слой залегает наклонно, поверхность земли наклонена в ту же сторону (фиг. 60, I, II).

3. Слой залегает наклонно, поверхность земли тоже наклонна, но в противоположном направлении по отношению к слою (фиг. 60, III, IV).

Имея на карте линии выхода кровли и подошвы слоя и зная его мощность и азимут падения, можно графически определить угол падения и обратно, зная азимут падения и угол падения, можно найти мощность (приложения III, IV).

Для первого случая (см. фиг. 59, А) истинная мощность  $m$ , ширина выхода слоя по склону  $a$  и проекция выхода склона на горизонтальную плоскость  $a_2$ , т. е. ширина выхода на карте, замеренная вкрест простирания, связаны между собой следующими соотношениями:

$$m = a \sin \alpha; \quad m = a_2 \sin \alpha;$$

$$\text{при } \alpha = 90^\circ \quad a = a_2;$$

$$m = a.$$

Для второго случая (фиг. 60, I и II)

$$m = a \sin (\alpha - \beta);$$

$$a_2 = a \cos \beta;$$

$$m = \frac{a_2 \sin (\alpha - \beta)}{\cos \beta}.$$

При  $\beta = 0$  имеем первый случай.

Для третьего случая (фиг. 60, III)

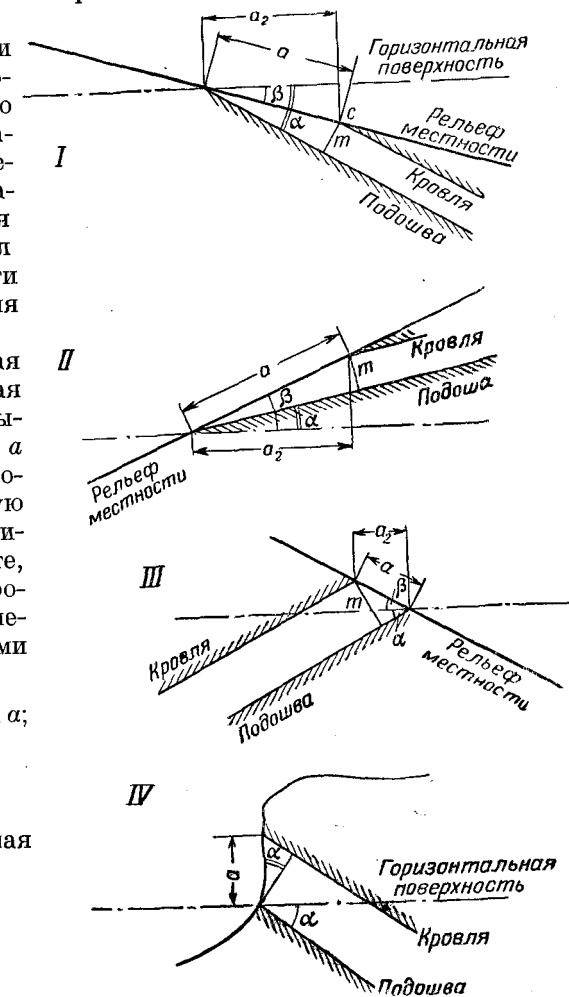
$$m = a \sin (\alpha + \beta); \quad a_2 = a \cos \beta;$$

$$m = \frac{a_2 \sin (\alpha + \beta)}{\cos \beta}.$$

При  $\beta = 0$  имеем первый случай.

Частный случай (фиг. 60, IV):

$$m = a \cos \alpha; \quad a_2 = 0.$$



Фиг. 60. Зависимость ширины выхода наклонно залегающего слоя от угла падения и наклона рельефа.

I и II — пласт и поверхность рельефа падают в одном и том же направлении; III и IV — пласт и поверхность рельефа падают в противоположных направлениях.

Все приведенные формулы справедливы для замеров по направлению падения пласта.

Приведенные зависимости между мощностью слоя (или пласта) и элементами залегания его, с одной стороны, и рельефом, с другой, находят свое резко выраженное отображение при нанесении выхода слоя на план или карту.

Понятие «выход слоя или пласта» аналогично понятию «выход плоскости напластования» с той лишь разницей, что при обозначении выхода слоя на план наносят два следа, из которых один является кровлей, а другой подошвой слоя, а расстояние между ними — проекцией видимой ширины выхода пласта на горизонтальную плоскость.

### § 3. Методы построения выхода наклонного пласта на карте

Для построения выхода слоя на поверхность необходимо иметь на топографической основе точку выхода с обозначением элементов залегания слоя и истинную мощность его.

На фиг. 61 показан метод нанесения на план выхода слоя, кровля которого обнажается в точке *A* и характеризуется азимутом падения ЮВ  $130^\circ$  и углом падения  $27^\circ$ ; истинная мощность  $30\text{ м}$ . Через точку *A* проводим линию простирания и продолжаем ее за рамку планшета. На продолжении этой линии простирания в масштабе карты вычерчиваем профиль вкрест простирания, на котором обозначается кровля слоя по заданному углу падения. Для построения выхода слоя проводим на профиле ряд параллельных линий с соответствующими абсолютными отметками. Плоскость кровли слоя в профиле при пересечении с горизонтальными линиями дает ряд точек, через которые проводим линии, параллельные линии простирания, до пересечения с одноименными горизонталями на плане. Построение следа кровли слоя на плане производится путем соединения полученных таким образом точек плавной кривой, т. е. способом, какой был приведен выше.

Для нанесения следа подошвы слоя на план на профиле строим подошву слоя. Для этого по перпендикуляру от кровли откладываем величину истинной мощности слоя и проводим параллельную линию, которая является подошвой.

Построение следа подошвы слоя на карте аналогично построению следа кровли.

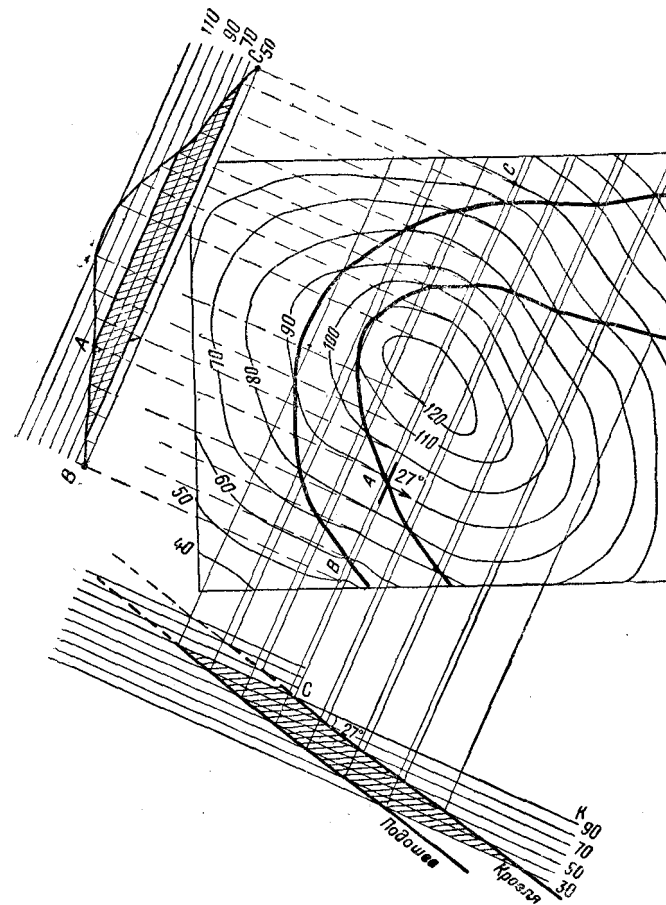
В итоге на плане наблюдаем проекцию выхода слоя на поверхность, характер и форма которого зависят от рельефа местности.

Построение выхода пласта на поверхность возможно непосредственно на самом плане, причем этот метод аналогичен рассмотренному выше.

Такие построения выхода пласта непосредственно на плане не всегда возможны, так как это загрязняет его, поэтому рекомендуется сделать трафарет. Последний представляет собой прямоугольный кусок картона, на котором нанесены деления, равные расстоянию между горизонталями в масштабе плана. Положив на план линейку по простиранию пласта, вдоль нее перемещаем тра-

фарет и последовательно отмечаем те точки горизонталей плана, которые будут приходиться на соответствующих делениях трафарета (фиг. 62).

При построении выхода слоя или пласта на поверхность с учетом рельефа местности, элементов залегания (азимутов падения,



Фиг. 61. Построение выхода пласта на поверхность на плане и в разрезе по простиранию (по линии *BC*).

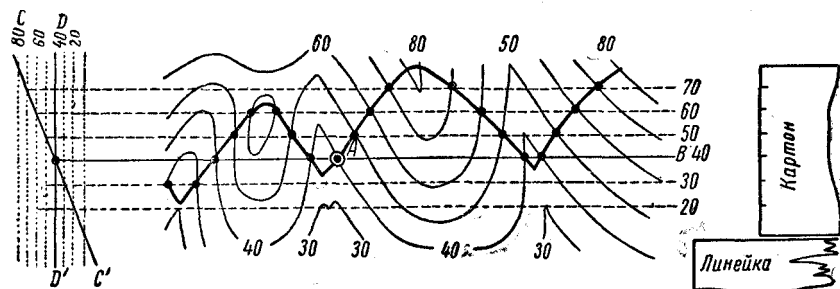
простирания, угла падения) и элементов пласта (подошвы, кровли и мощности) отмечаем, что контуры выхода пласта не являются постоянными, весьма резко отличаются друг от друга и имеют свой собственный, только им присущий рисунок (фиг. 63, 64).

Это положение подтверждается повседневной практикой построения геологических карт.

Обобщая все приведенные выше данные по рассмотренным графическим схемам убеждаемся в том, что форма проекции видимой

ширины выхода пласта, прослеживаемая на плане, как и ширина выхода его, зависит от многих причин. Поэтому при разборе и чтении геологических карт в каждом отдельном случае пространственное положение пласта или свиты согласно лежащих слоев определяется по трем точкам, выбранным на одном и том же следе плоскости напластования.

Определение видимой ширины, а не проекции выхода пласта или слоя как по линии падения, так и в косом сечении требует построения топографического профиля по линии измерения с последующим нанесением на него граничных плоскостей пласта.



Фиг. 62. Построение выхода пласта при помощи трафарета.

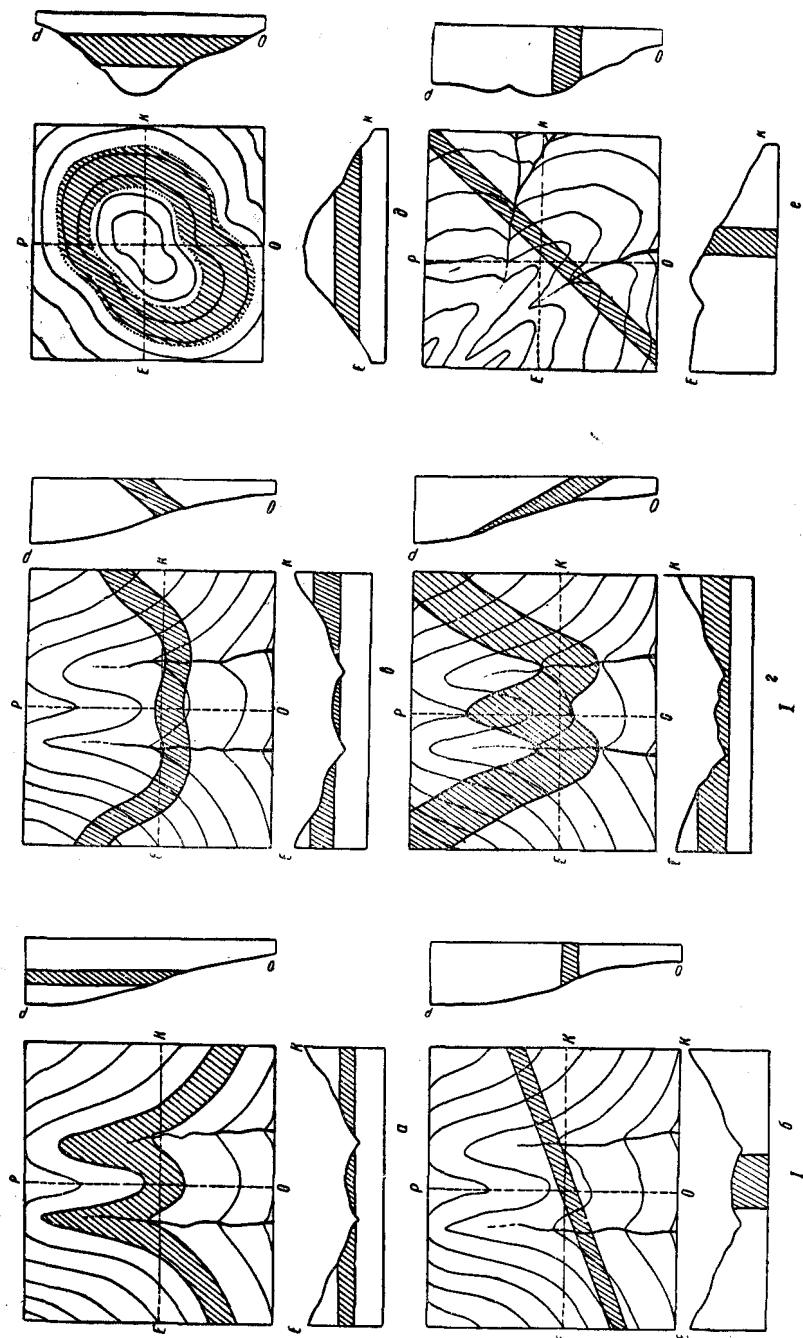
Следует отметить, что выход пласта или слоя целесообразно строить лишь на планах и картах крупного масштаба, не мельче 1 : 50 000, при пологих углах падения и расчлененном рельефе, т. е. в условиях, когда отклонение плоскости пласта от линии простирания (прямой на плане) достигает значительных размеров.

#### Построение профилей через район с наклонным залеганием слоев

При изучении наклонно залегающих слоев или пластов по геологической карте для выяснения условий их залегания приходится пользоваться геологическими разрезами, построенными как вкрест простирания, так по любому заданному направлению, включая и профили по линии простирания.

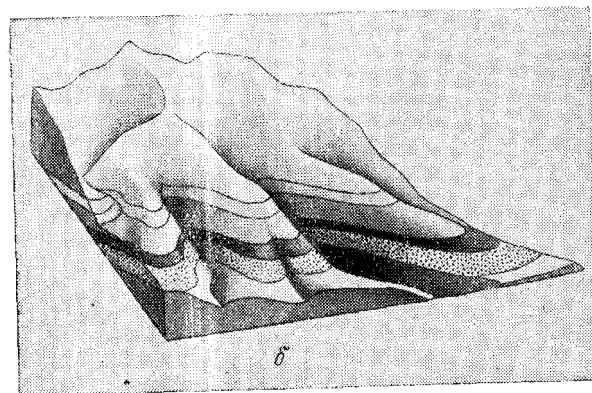
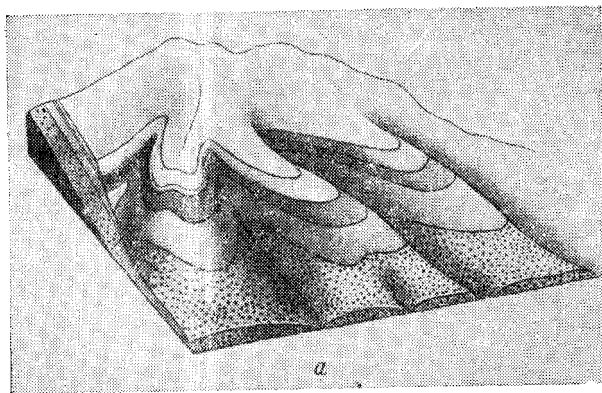
Геологический разрез дает наиболее наглядное, всем понятное изображение условий залегания пород на глубине. Материалом для его построения являются данные поверхностных наблюдений о залеганиях пород, изображенные на геологическом плане в виде проекций видимых мощностей пластов и свит.

Часто приходится сталкиваться с таким случаем, когда свита слоев горных пород, залегая моноклинально, сохраняет свое простирание, но отдельные слои имеют различные углы падения (фиг. 65, а). Для определения взаимосвязи слоев в свите по данным полевых наблюдений построим геологический профиль вкрест простирания пород по линии АВ. Такой профиль, базирующийся на полевых материалах вне зависимости от его положения на плане, называется **наблюденным**.

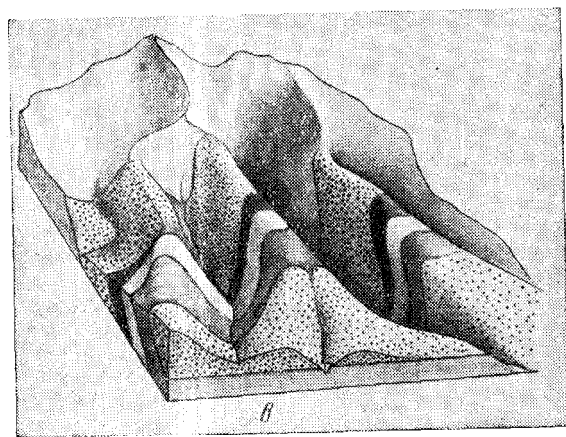


Фиг. 63. Изменение очертаний выхода пласта одинаковой мощности в зависимости от формы рельефа при различных условиях залегания пласта.  
I — рельеф поверхности одинаков: а — пласт залегает горизонтально; б — пласт вертикальный; в — пласт наклонный, его падение соответственно направлению падения рельефа; г — пласт наклонный, его падение совпадает с направлением падения рельефа; II — рельеф поверхности различный; а — пласт залегает горизонтально, в — пласт вертикальный, г — пласт наклонный.





Фиг. 64. Перспективное изображение свиты слоев.  
*a* — горизонтально лежащие; *b* — наклонно лежащие, падение противоположное склону рельефа, *в* — наклонно лежащие, падение слоев направлено по склону рельефа.



Для построения наблюдаемого профиля (фиг. 65, б) точки выхода плоскостей слоев или пластов наносят на горизонтальную линию продолжения профиля *AB* и затем проектируют в виде точек на линию поверхностного рельефа. В каждой такой точке строят след плоскости слоя с углом падения, наблюдаемом в поле или обозначенном на геологическом плане.

Принимая условно, что слои в свите залегают между собой согласно и мощность их в пределах сравнительно небольших площадей остается относительно постоянной, можно воспользоваться геометрическими построениями, которые дают достаточно точные представления о пространственном положении пластов.

Сущность этих построений базируется на том, что в нормальных условиях залегания свиты пластов углы падения промежуточных слоев характеризуются средними значениями величин по отношению к максимальным и минимальным, замеренным в профиле. Отсюда изменение величины углов падения от одного измерения (слоя) к другому происходит постепенно.

Для этого в точках выходов слоев на поверхность (фиг. 65, в) проводим к линиям падения перпендикуляры, продолжая их в одну или другую сторону до пересечения с соседними. Получаем ряд точек (*a*, *б*, *с*, *д*). Из этих точек как из центров проводим отрезки дуг в пределах двух смежных перпендикуляров. Так, например, радиусом из центра *a* проводим дугу от точки *2* до пересечения с перпендикуляром *a—1*, а затем след этого слоя проводим параллельно наблюдаемому в точке *1*.

Такие построения производим последовательно, начиная с первой, во всех точках и в итоге получаем геологический профиль, в котором слои сохраняют параллельность напластования (т. е. залегают согласно) и на глубине остаются одинаковыми по мощности.

Составленные таким методом геологические разрезы, дополненные литолого-стратиграфическими данными, называются построенными геологическими разрезами.

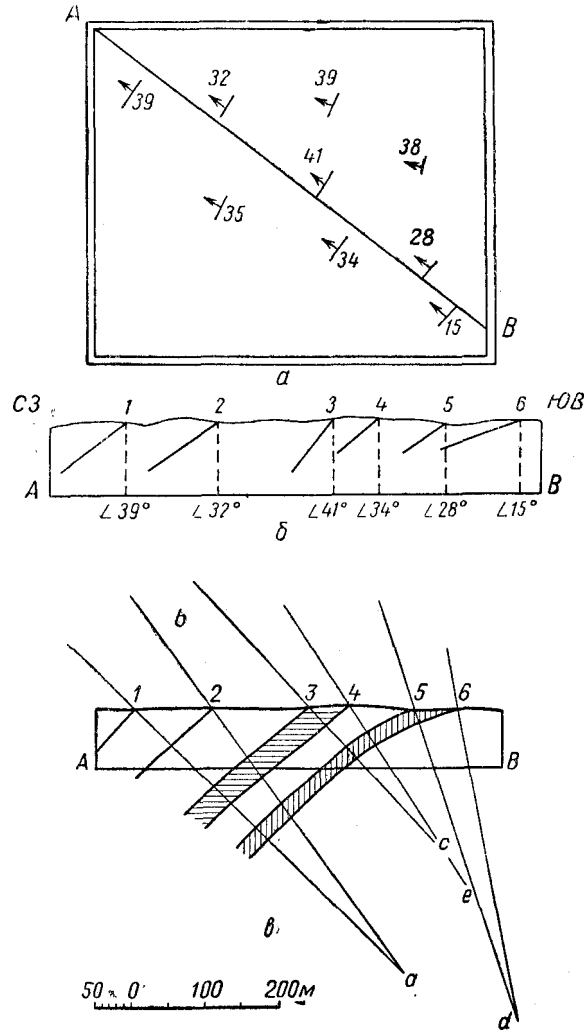
Как в наблюдаемом, так и в построенном геологических разрезах непременно учитывается рельеф поверхности, изображаемый на геологических планах.

На топографическом плане (фиг. 65, в) обозначены выходы коренных пород с элементами их залегания (падение, простирание и углы падения). Все наблюдаемые обнажения (*1*, *2*, *3* и т. д.), как видно из плана, не лежат на одной прямой, и для построения геологического профиля по заданной линии *AB* требуется обозначить эти обнажения на линии *AB*.

Последнее осуществляется путем проектирования каждой точки по простиранию пластов, замеренному в обнажении, до пересечения с линией профиля. Затем, построив топографический профиль по линии *AB*, переносим на линию рельефа в точках обнажений *1*, *2*, *3* и т. д. выходы пластов с соответствующими им элементами залегания и получаем наблюдаемый профиль. Применяя вспомогательные линии (перпендикуляры), находим их взаимные точки

пересечения (а, б, в и т. д.) и, приняв их за центры построения, составляем построенный профиль.

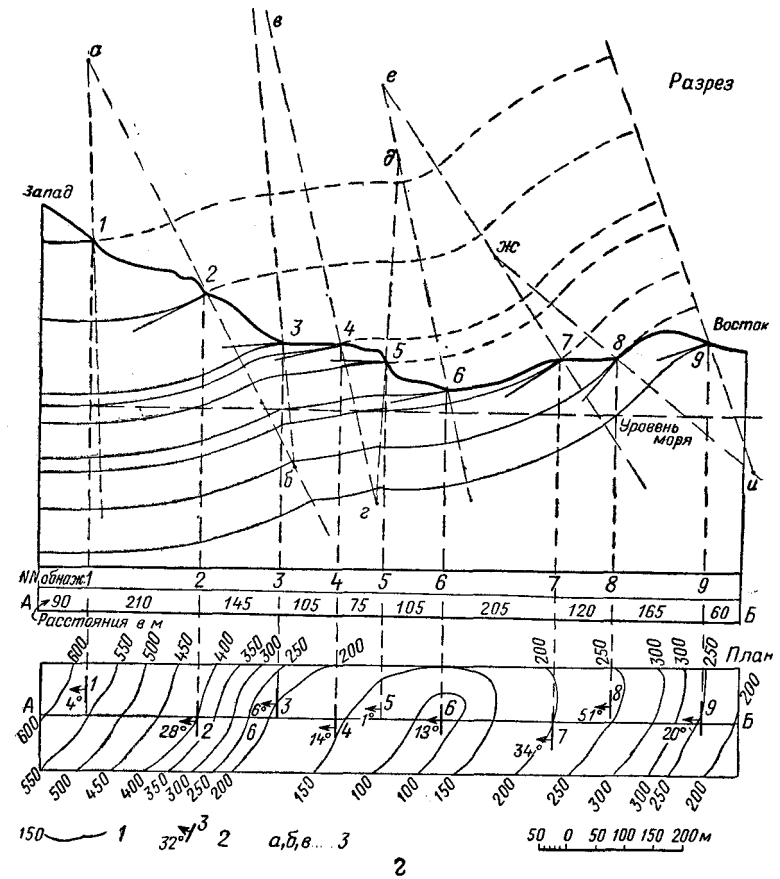
При составлении таких профилей необходимо также учитывать пространственное положение слоев или пластов выше линии



рельефа, т. е. их воздушное продолжение (особенно для складчатых форм), и этим уточнять не только тектоническую форму, но и литолого-стратиграфический разрез отложений.

Построение профилей через район с наклонным залеганием слоев может быть сделано не только по линии падения (вкост простирания слоев), но и по любому заданному направлению. Метод построения таких профилей совершенно аналогичен рассмотрен-

ному, но в наблюдаемом профиле углы падения слоев будут измеренными, а не истинными (т. е. меньшими). Для построения необходимо пользоваться таблицей поправок угла падения (приложение I) для сечений косых — не перпендикулярных к простиранию пласта.



Фиг. 65. Построение геологического профиля при наличии слоев с различными углами падения.

а — план с нанесенными точками наблюдений с обозначением элементов залегания пластов; б — наблюдаемый геологический профиль по линии АБ; в — построенный профиль при горизонтальном рельефе; г — построенный профиль по данным геологических наблюдений, проведенных по линии АБ; 1 — горизонтали рельефа; 2 — элементы залегания пласта; 3 — точки пересечения вспомогательных линий.

Мощности слоев в построенном профиле по косому сечению будут также измеренными, а не истинными (т. е. увеличенными). Отсюда ясно, что построенные геологические профили по любому заданному направлению не могут характеризовать действительного геологического строения наклонно залегающих слоев как в отношении элементов залегания (угла падения), так и в отношении истинной мощности их.

## Глава V

### СКЛАДКИ

#### § 1. Определение складки и ее элементы

Основными формами тектонических структур, широко развитыми в земной коре, являются складки, с которыми геологу приходится иметь дело при изучении как небольших площадей, так и огромных территорий.

Под складками понимается такое залегание горных пород, при котором пласты выведены из первоначального горизонтального положения и с различной степенью интенсивности смяты. При этом плоскости пластов, последовательно повышаясь и понижаясь, меняют свое падение на обратное. Площадь свиты пород, смятых в серию складок, значительно уменьшается по отношению к площади первоначального горизонтального распространения их и характеризуется минимальными размерами вкрест простирания складчатости.

Складчатость обусловлена силами бокового сжатия, направленными тангенциально (т. е. параллельно земной поверхности), и силами вертикальных движений, обусловленных различными причинами (интрузиями изверженных пород, внедрениями соляных пород или проявлениями вертикальных сил, возникающих от изменения объема пород вследствие уплотнения осадков или изменения их химического состава).

Основным элементом складчатых нарушений является складка, которая представляет собой один изгиб слоя земной коры.

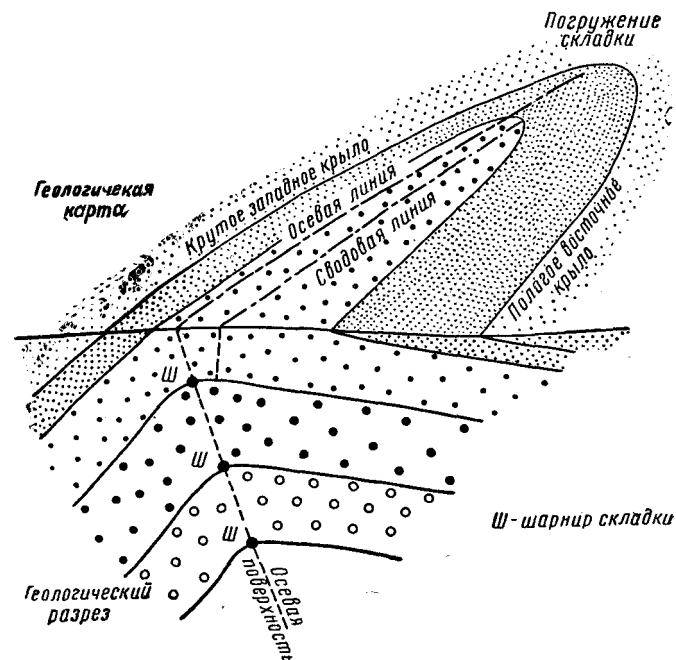
В каждой складке различают следующие основные элементы: свод, крылья, ось, шарнир (замок), осевую поверхность, периклиналь или замыкание (фиг. 66).

Шарниром складки является линия перегиба ее, в которой сходятся крылья.

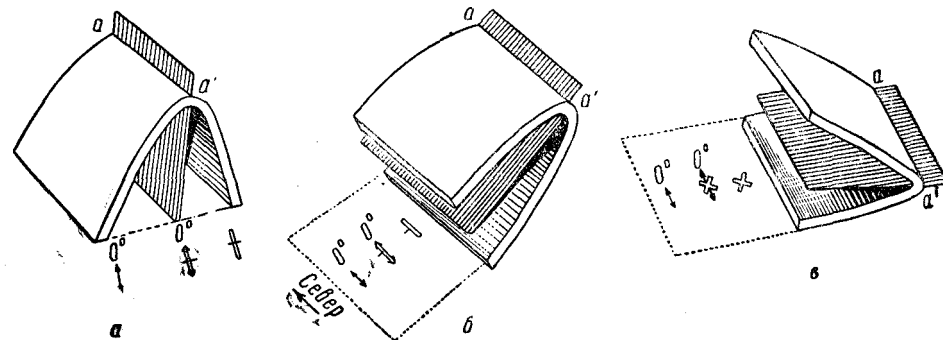
Склоны (боковые части) складки называются крыльями и представляют собой плоскости, определяющие границы распространения складки.

Воображаемая поверхность, разделяющая складку симметрично пополам и проходящая через шарниры пластов, называется осевой поверхностью. В частном случае эта поверхность может быть представлена осевой плоскостью. Послед-

няя может быть вертикальной, горизонтальной или наклонной (фиг. 67). Положение осевой плоскости определяется простиранием и падением (фиг. 68). Осевая поверхность проходит таким образом через шарниры пластов.



Фиг. 66. Основные элементы складки



Фиг. 67. Различные положения осевой плоскости складок, обозначение осей и осевых плоскостей на карте.

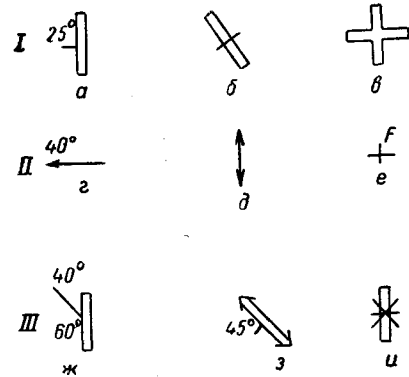
а — вертикальная; б — наклонная; в — лежащая.

Шарнир может быть горизонтальным, может воздыматься и погружаться по простиранию. При прослеживании на значительном расстоянии шарниры наблюдаются прямыми или изогнутыми.

Проекция шарнира на горизонтальную плоскость называется осью складки.

У каждого изогнутого в складку пласта есть своя ось, а каждая складка имеет бесчисленное количество параллельных между собой осей. Отсюда ясно, что для обозначения положения складки достаточно наносить одну ось.

Наиболее приподнятая часть складки называется сводом, а водораздельная линия — сводовой линией.

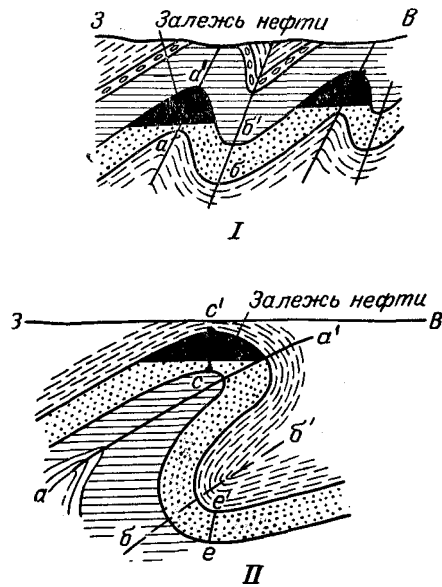


Фиг. 68. Обозначение элементов складок на карте.

*I* — осевые плоскости: *a* — плоскость простирается к северу и падает на запад под углом  $25^\circ$ , *b* — плоскость вертикальная, простирающаяся к северо-западу, *в* — плоскость горизонтальная; *II* — оси: *г* — ось погружается к западу под углом  $40^\circ$ ; *д* — ось горизонтальная, простирающаяся к северу, *е* — ось вертикальная; *III* — осевые плоскости и оси: *ж* — осевая плоскость простирается к северу и падает на запад под углом  $60^\circ$ , ось погружается на северо-запад под углом  $40^\circ$ ; *з* — осевая плоскость северо-западного простирания, падает на юго-запад под углом  $45^\circ$ , ось горизонтальная и простирается на северо-запад, *и* — осевая плоскость и ось вертикальны, простираются на север.

Замком складки является линия перегиба, получаемая при продолжении крыльев складки до их взаимного пересечения. Шарнир и сводовая линия складки часто совпадают друг с другом, и в таких случаях различие между ними имеет только теоретический интерес. Однако в условиях нефтяных месторождений, где залежи образуются в наиболее приподнятых участках складок, это различие имеет большое практическое значение (фиг. 69).

Окончание складки, сопровождаемое в плане изменением простирания пластов на обратное, называется замыканием складки или периклиналью. Периклиналям соответ-



Фиг. 69. Элементы складок при различных формах этих складок.

*I* — складка наклонная; *II* — складка лежащая; *a*—*a'* — ось антиклинальной складки; *b*—*b'* — ось синклинальной складки; *a*—*b* — крыло складки; *е*—*е'* — низшие точки перегиба; *с*—*с'* — высшие точки перегиба (зона, благоприятная для формирования нефтяных залежей).

ствуют изгибы шарнира в вертикальной плоскости. У антиклинальных складок (см. главу V, § 2) шарнир на периклиналях погружается, у синклинальных складок (см. главу V, § 2) шарнир на периклиналях воздымается.

## § 2. Типы складок

Все складки по внешнему виду в их поперечном сечении разделяются на два типа: антиклинальные и синклинальные.

Антиклинальной складкой называется складка, направленная своим перегибом (седлом) вверх. В ядре складки находятся наиболее древние породы. Перспективное изображение этой складки приведено на фиг. 70.

Синклинальной складкой называется складка, обращенная своим перегибом или мульдой вниз, причем в центральной части перегиба находятся наиболее молодые по возрасту породы. Изображение синклинальной складки приведено на фиг. 71.

Складки, которые замыкаются в виде вытянутых овалов с отношением осей от 2 : 1 до 5 : 1, называются брахиантеклиналиями, а с отношением осей от 1 : 1 до 2 : 1 — куполами.

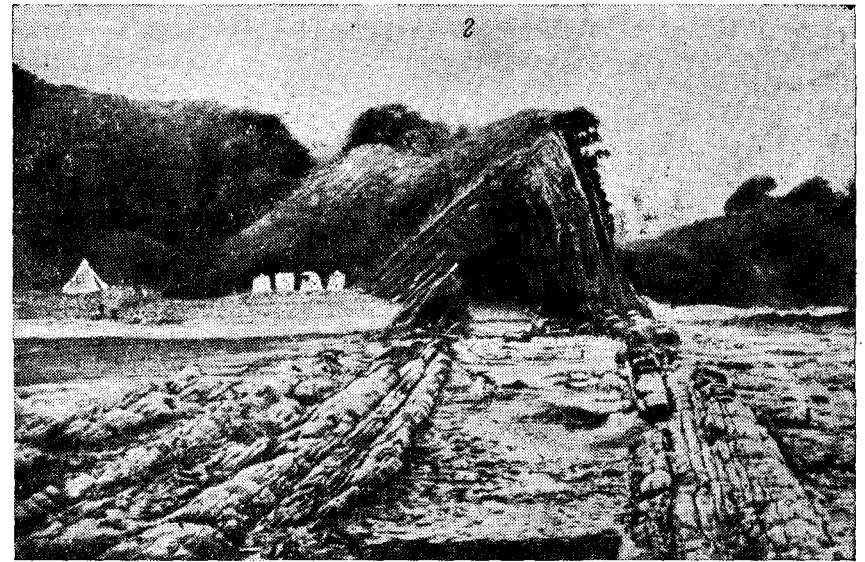
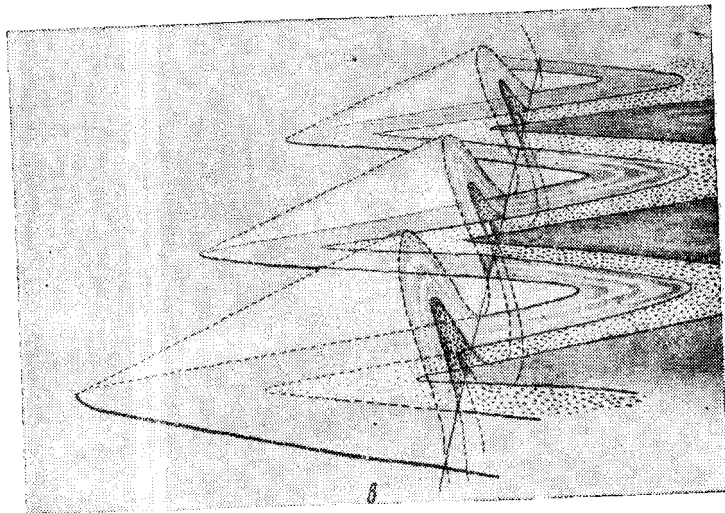
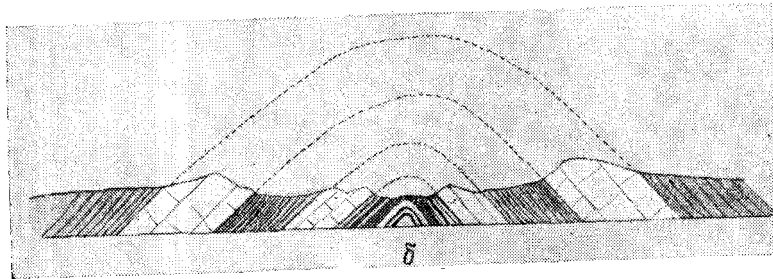
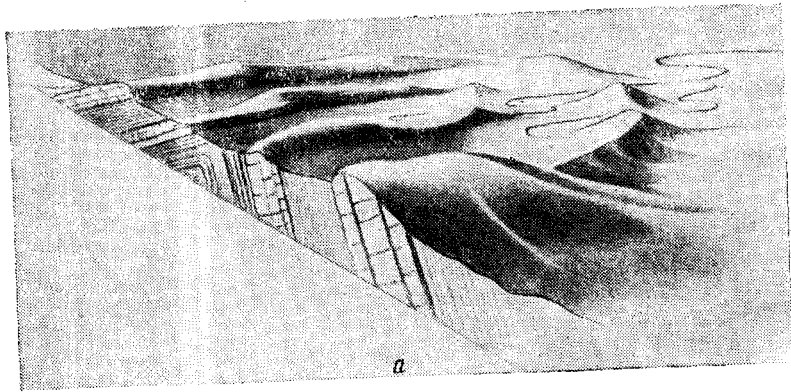
Окончания или замыкания брахиантеклинальных складок называются периклинальными окончаниями или периклиналями складки; окончания брахисинклиналей называются центриклиналиями.

В тех случаях, когда шарнир складки по своему простиранию имеет погружение и снова воздымание, т. е. характеризуется волнообразными подъемами и опусканиями, такое явление называется ундуляцией (или ондуляцией) складки.

При изучении основных форм складок необходимо учитывать пространственное положение шарнира складки. В тех случаях, когда складка имеет горизонтальный шарнир в виде прямой линии, на геологической карте или в горизонтальном сечении линии пересечения крыльев проектируются как параллельные, а в вертикальном продольном сечении линия пересечения пласта, совпадающая с осью складки, занимает горизонтальное положение (фиг. 72, а).

В тех случаях, когда шарнир складки переходит в наклонное положение и крылья по выбранному пласту замыкаются на погружении ее, наблюдается заворот или смыкание пластов. Все это указывает на наклон шарнира в продольном направлении; графически это выражено на фиг. 72, б.

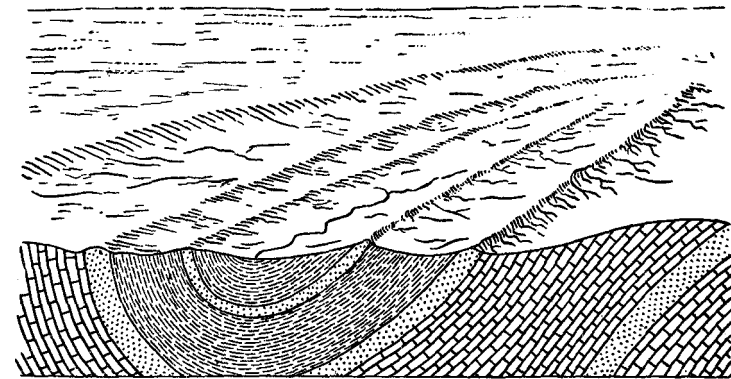
По положению осевой плоскости в пространстве и по падению крыльев все складки разделяют на несколько типов. Прямые (стоячие, симметричные) складки — осевая плоскость вертикальна; крылья падают под одинаковыми углами (фиг. 73, а). Косые (наклонные, несимметричные) складки — осевая плоскость наклонена; крылья падают под различными углами (фиг. 73, б). Перевернутые (перевернутые) складки — осевая плоскость располагается наклонно; одно крыло нависает над другим, подогнутым и падающим в ту же сторону, что и первое (фиг. 73, в). Лежачие



Фиг. 70. Антиклинальная складка.

*a* — блок-диаграмма; *b* — антиклинальная складка в разрезе; *c* — периклинальное ее погружение; *г* — размытая антиклинальная складка.

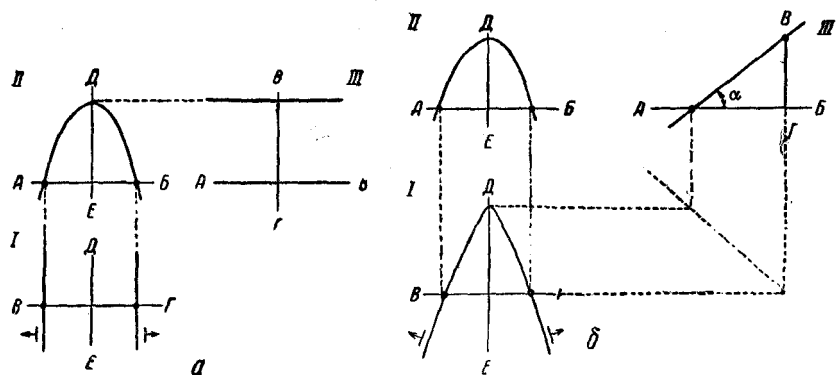
складки — осевая плоскость очень сильно наклонена или горизонтальна; крылья складки почти горизонтальны, причем верхнее крыло залегает нормально, а нижнее опрокинута и пласты в нем



Фиг. 71. Синклиальная складка.

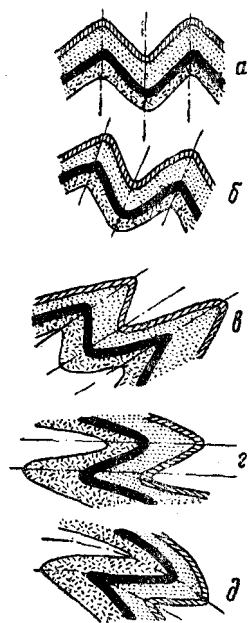
располагаются в обратном порядке — древние на молодых. Такие складки изменяют свое нормальное положение, поэтому в них выделяют верхнее крыло, среднее крыло и нижнее или мульдовое крыло (фиг. 73, *г*).

Перевернутые (или ныряющие) складки — осевая плоскость наклонена от основания антиклинали к своду, в синклинали — от оси перегиба пластов к основанию; в антиклинали крылья падают к оси, а в синклинали от оси (фиг. 73, *д*).



Фиг. 72. Антиклинальные складки, изображенные в трех взаимноперпендикулярных сечениях:

I — горизонтальном (план) и вертикальном, II — поперечном и III — продольном разрезах. *а* — прямая антиклиналь с горизонтальной осью; *б* — антиклиналь с наклонной погружающей осью; АБ, ВГ, ДЕ — линии сечений, по которым сделаны построения.



Фиг. 73. Типы складок.

*а* — прямые; *б* — косые; *в* — опрокинутые; *г* — лежащие; *д* — перевернутые.

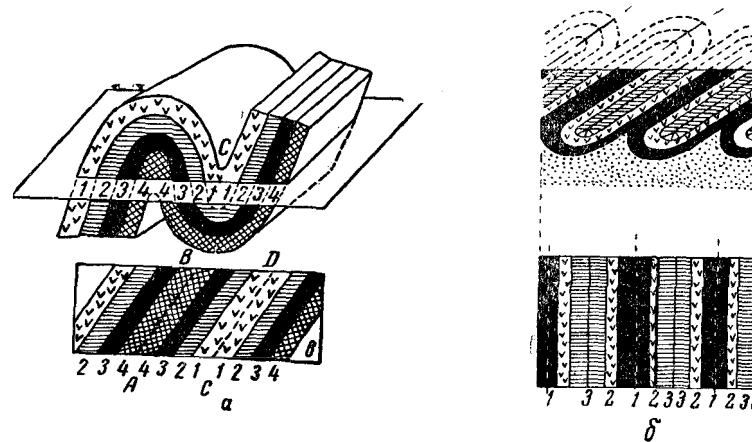
В зависимости от пространственного положения крыльев складки по отношению к осевой плоскости и шарниру их последние бывают пологие, широко раскрытые и крутые, сильно сжатые, угловатые, резкие, волнистые и окруженные.

Складки, у которых осевые плоскости и крылья параллельны между собой, называются изоклиналиными или параллельными. Они бывают прямыми, косыми и лежащими, при этом в них чередуются синклинали и антиклинали (фиг. 74).

Более сложную форму имеют веерообразные и сундучные складки (фиг. 75). Веерообразные характеризуются тем, что их осевые плоскости сходятся книзу и кверху (обратно веерообразные) (фиг. 75, *а*). Эти складки также могут быть прямыми, косыми и лежащими. Сундучные или коробчатые складки имеют широкий плоский свод и крутые, иногда почти вертикальные крылья (фиг. 75, *б*).

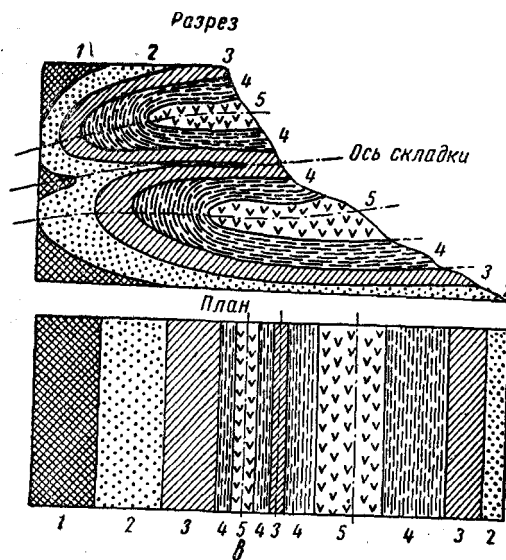
Для правильного понимания тектонических форм и пространственного положения складки необходимо рассматривать в трех

проекциях: поперечном и продольном сечениях и в плане, а также в блок-диаграммах, что дает возможность одновременно наблюдать все элементы складки и элементы залегания пластов в них.



Фиг. 74. Изоклиналиные складки в плане и разрезе.

*а* — прямые; *б* — косые; *в* — лежащие.



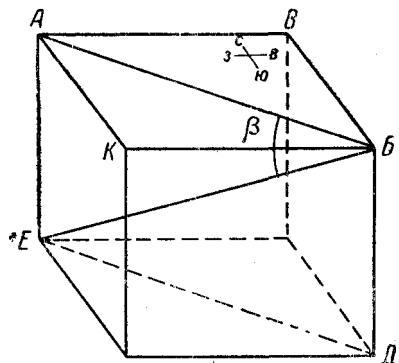
Фиг. 75. Складки сложных форм.

*а* — складка веерообразная; *б* — сундучная.



### § 3. Изображение складок и их элементов

Складки по своим площадным размерам бывают различными, и в большинстве случаев длина их значительно превосходит ширину. Всякая складка не может простираться бесконечно, где-то она погружается и оканчивается. Для складки особое значение имеет внешний вид в поперечном сечении с обозначением шарнира. Положение шарнира определяется двумя величинами: простиранием его горизонтальной проекции (оси складки) и погружением. На фиг. 76 изображен шарнир складки, прослеживаемый в виде линии  $BE$ , лежащей в вертикальной плоскости  $ABDE$ . Линия



Фиг. 76. Ось складки и ее проекции.

$BE$  — шарнир складки;  $AB$  — простирание горизонтальной проекции шарнира;  $\beta$  — угол погружения шарнира.

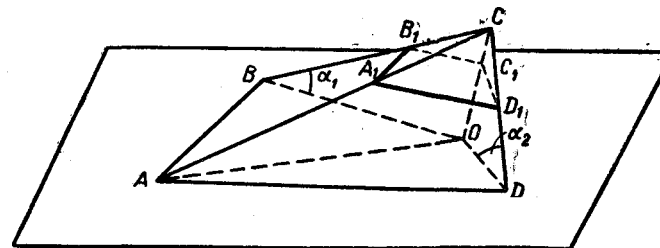
Представим, что в точках  $B$  и  $D$  прослежены крылья антиклинальной складки по кровле какой-либо определенной маркирующей свиты. В точке  $A$  наблюдается периклинальное погружение ее. Требуется определить положение проекции шарнира этой складки на горизонтальной плоскости и угол падения его.

Обозначив на плане все три точки  $A$ ,  $B$  и  $D$  (фиг. 77), продолжим следы плоскости крыльев  $B$  и  $D$  до пересечения их в точке  $A$ ; получим конфигурацию периклинального погружения складки.

Линия  $AC$  является замком складки и в данном случае совпадает с шарниром, проекция которого на горизонтальную плоскость выражена линией  $AO$ . Следы крыльев  $ABC$  и  $ADC$  могут быть легко построены по азимутам простирания, измеренным в полевых условиях.

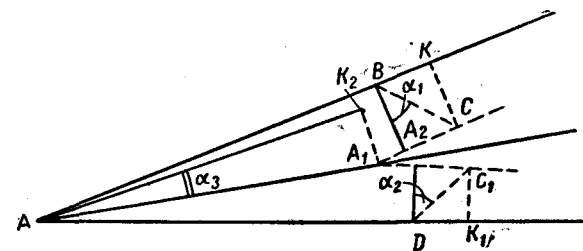
Линия  $CO$  характеризует пространственное положение осевой плоскости складки. Проведем плоскости  $BOC$  и  $DOC$  перпендикулярно к линиям простирания крыльев складки  $AB$  и  $AD$ , при этом в пересечении с последними получим два треугольника с углами падения на основании  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . Проведем на произвольной высоте  $OC_1$  горизонтальную плоскость  $A_1B_1C_1D_1$ . Шарнир складки  $AC$ ,

как видно из графической схемы, проходит через точку  $A_1$ . Линии  $A_1B_1$  и  $A_1D_1$  представляют собой одну изогипсу (так называемую стратоизогипсу), проведенную на произвольной высоте, где точка  $A_1$  лежит на одной прямой с точкой  $A$  и в то же время находится в плоскости шарнира складки.



Фиг. 77. Схема погружения антиклинальной складки.

Как видно из изложенного, решение этой задачи в сущности сводится к построению двух-трех горизонталей (стратоизогипс по выбранной маркирующей свите) на различных (произвольных) отметках по отношению к начальной, где измерялись элементы залегания крыльев складки (простирание и углы падения). Для определения угла падения шарнира складки (погружения его) воспользуемся предыдущей графической схемой (см. фиг. 77) и восстановим в произвольных точках  $B$  и  $D$  перпендикуляры к  $AB$  и  $AD$ . В вершинах  $B$  и  $D$  строим углы падения  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  (фиг. 78).



Фиг. 78. Построение шарнира складки и определение угла погружения его.

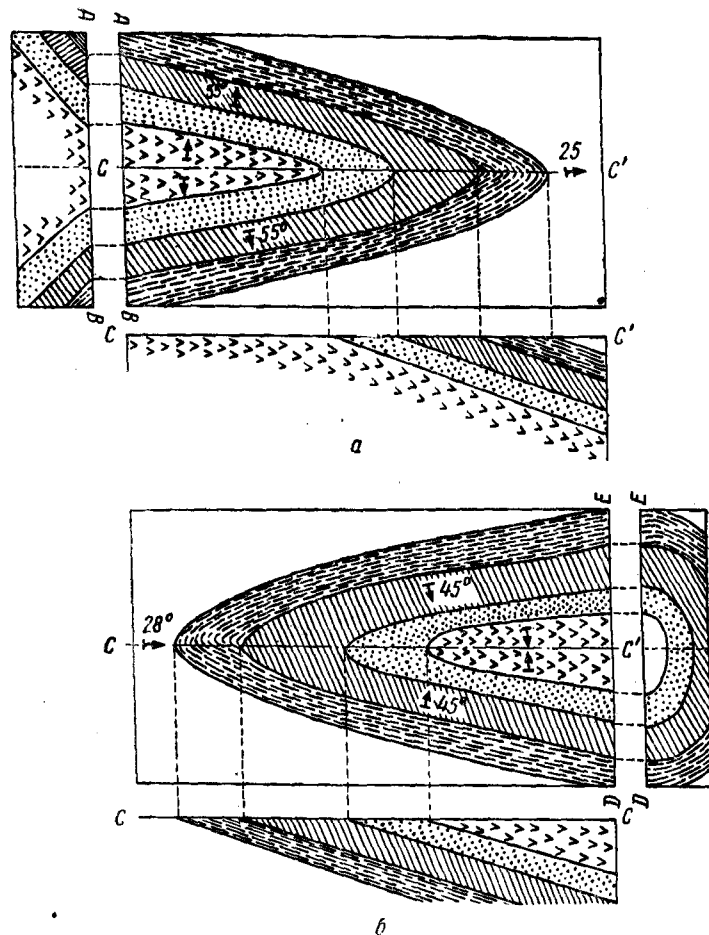
Затем на линиях простирания  $AB$  и  $AD$  откладываем равные произвольные отрезки  $BK$  и  $DK_1$ . В точках  $K$  и  $K_1$  проводим перпендикуляры к  $AB$  и  $AD$ . Через точки  $C$  и  $C_1$ , полученные в результате пересечения перпендикуляров со сторонами углов падения, проводим стратоизогипсы пластов  $CA_1$  и  $C_1A_1$  параллельно  $AB$  и  $AD$ . Отсюда прямая линия  $AA_1$  есть искомая проекция шарнира складки.

Для получения угла погружения шарнира складки (т. е. падения его) в точке  $A_1$  восстановим перпендикуляр к  $AA_1$ , величина



которого  $A_1K_2 = BK = DK_1$ . Соединив точку  $K_2$  и  $A$ , получаем при вершине  $A$  искомый угол падения шарнира  $\alpha_3$ .

Примеры погружающихся антиклинальных и синклиналиных складок на геологических картах и в пространственном изображе-



Фиг. 79. Периклиналиные и пентриклиналиные окончания складок.

*a* — геологическая карта и разрезы антиклинальной складки, ось которой погружается к востоку; *b* — то же с синклиналиной складкой; *C-C'* — след оси складки.

нии приведены на графических схемах (фиг. 79). Построение профилей произведено с учетом основных элементов залегания пластов, отмеченных на геологической карте.

В итоге изучения основных структурных форм по характеру и поведению шарнира складок отмечаем, что антиклинальные или синклиналиные складки, у которых шарнир горизонтален и осевая

плоскость вертикальна, называются **нормальными складками**.

Наряду с перечисленными структурами антиклинальных и синклиналиных складок, имеющими как бы законченные формы, существуют **моноклиналиные складки**, представляющие комплекс отложений, имеющих односторонний наклон.

Углы падения пластов в моноклинали изменяются от нескольких градусов до  $90^\circ$ , причем на фоне основной структуры могут развиваться более мелкие второстепенные формы, усложняющие единую конфигурацию складки.

Ступенчатый изгиб, длинный по простиранию и короткий по падению, наблюдаемый в разрезе и на плане моноклинали, представляет собой так называемую **структурную террасу**, размеры которой бывают различны (фиг. 80, *a*).

Короткий по простиранию и узкий по падению выпуклый выступ на склоне моноклинали называется **структурным носом** (фиг. 80, *b*) в отличие от вогнутого понижения, по своей конфигурации аналогичного первому и называемого **структурной впадиной** (фиг. 80, *в*).

Разновидностью моноклиналиной складки, имеющей ступенчатый изгиб пластов, является **флексура** (фиг. 80, *г*). Такой тип складки образуется в результате резкого вертикального смещения одной части пластов по отношению другой. Это явление сопровождается уменьшением мощности пластов в месте пережима и резким увеличением углов падения. Флексура представляет собой переход от складчатых форм дислокаций к разрывным нарушениям и часто сопровождается разрывами.

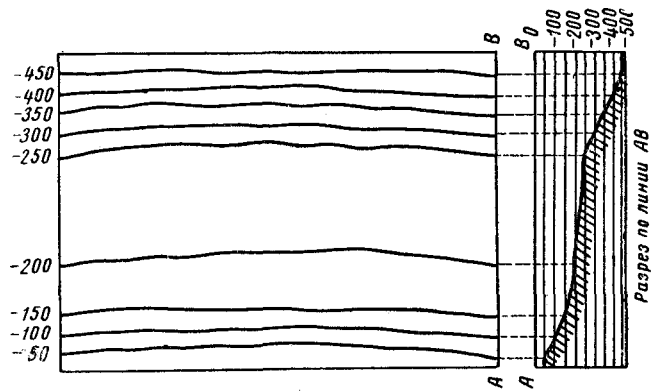
#### § 4. Разделение складок по условиям их образования

Существуют многочисленные варианты классификаций складок, однако в свете накопившихся за последнее время новых фактических данных стали все более и более отчетливо ощущаться их недостаточность и внутренняя противоречивость. Назрела настоятельная необходимость, с одной стороны, критического пересмотра всего того, что было сделано в этом отношении до сих пор, а с другой — создания более широкой и рациональной схемы классификации складок, способной полнее отвечать возросшим современным требованиям.

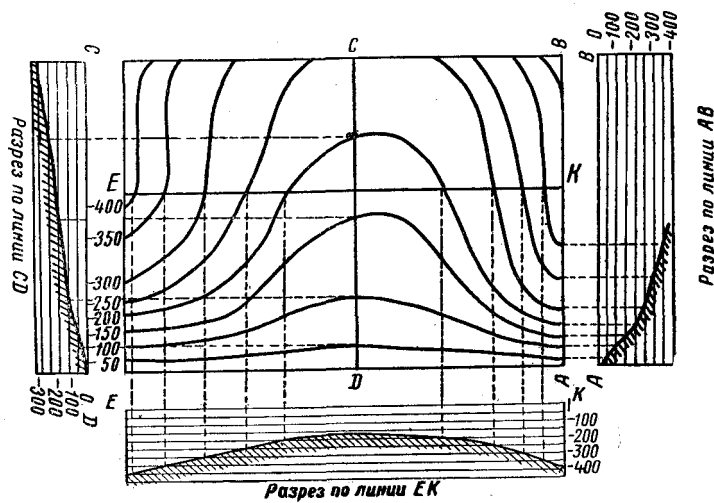
Для того чтобы классифицировать и разделить складки по условиям их образования, необходимо уточнить само понятие складчатых нарушений.

Под генезисом складчатых нарушений надо понимать кинематику процесса изгиба комплекса слоев, сопровождающуюся деформацией их.

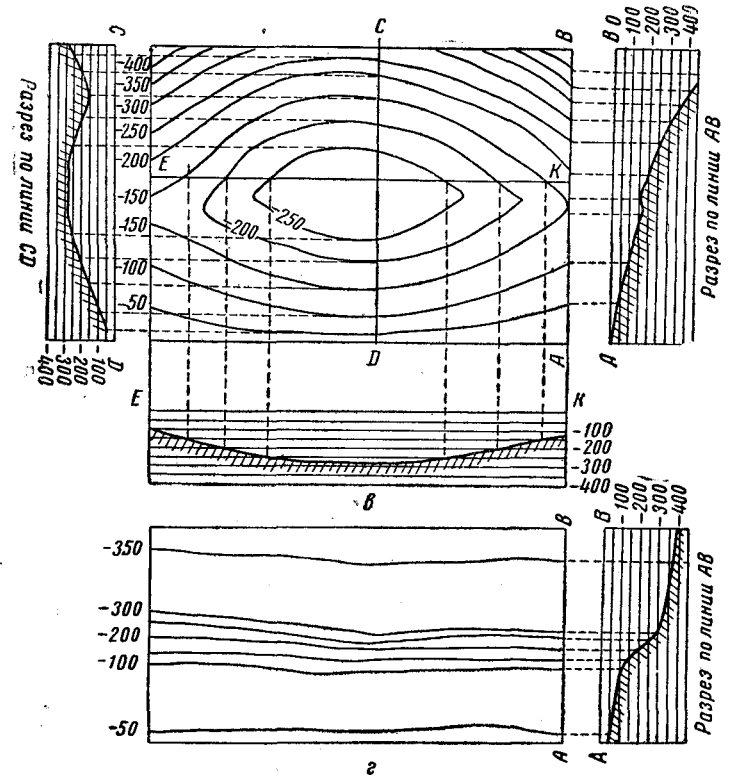
Различие в кинематике процесса образования деформации слоистых толщ зависит от трех факторов: направления вызывающих деформацию сил, характера приложения этих сил и физических



а



б



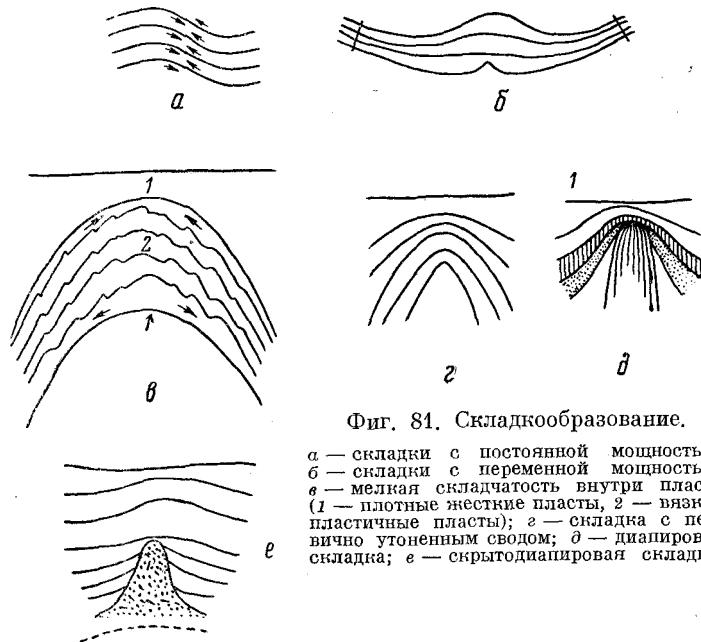
в

Фиг. 80. Формы, усложняющие конфигурацию складки.  
 а — структурная терраса; б — структурный нос; в — структурная впадина;  
 г — флексура.

свойств подвергающихся деформации веществ. По характеру приложения силы могут быть поверхностными и объемными.

Физические свойства веществ пород, в частности степень их пластичности, могут обуславливать при прочих равных условиях различия в типах деформаций.

Все процессы складкообразования представляют собой весьма сложные явления и могут сопровождаться взаимным перемещением слоев по поверхностям наслоения и изменением мощностей слоев. При этом поверхности напластования могут оставаться параллельными или почти параллельными между собой; в этом случае складкообразование называется п а р а л л е л ь н ы м.



Фиг. 81. Складкообразование.

а — складки с постоянной мощностью;  
 б — складки с переменной мощностью;  
 в — мелкая складчатость внутри пласта (1 — плотные жесткие пласты, 2 — вязкие пластичные пласты); г — складка с первично утоненным сводом; д — диапировая складка; е — скрытодиапировая складка.

Их можно также назвать складками с постоянной мощностью слоев (концентрическими складками или складками изгибания (фиг. 81, а). Они характеризуются постоянством длины пластов, измеряемых вкрест простирания вдоль линии, определяющей конфигурацию складки в плане.

Складки с увеличением мощностей слоев в своде (складки течения или складки скальвания) характеризуются непостоянством расстояния между нижней и верхней поверхностями пласта, измеряемого в своде и на крыльях складки (фиг. 81, б).

Иногда пласты оказываются сгруппированными (сблокированными) в одну пачку, изгиб которой происходит в целом и вызывает избыток материалов на вогнутых частях и недостаток их на выпуклых частях. В этом случае складкообразование называется б л о к и р о в а н н ы м.

Толщи осадочных пород состоят из чередующихся слоев, которые в силу своих физико-литологических особенностей не одинаково реагируют на всестороннее сжатие. Подвергаясь действию давления и температуры при складкообразовании одни породы находятся в состоянии пластичности, а другие, более устойчивые, образующие так называемые руководящие слои, этого состояния еще не достигают и сохраняют им присущие обычные свойства. При изгибе всего комплекса пород вторые образуют скелетные дуги складок, в то время как первые, внутрислойно перемещаясь, образуют мелкую складчатость (фиг. 81, в).

С точки зрения изложенных выше представлений можно говорить о параллельной складчатости жестких пластов 1 и блокированной складчатости пластичных пластов 2. Таким образом, тот и другой типы складкообразования существуют совместно.

В условиях параллельного складкообразования создаются основные смещения, а в условиях блокированного складкообразования — более мелкие смещения.

При формировании складок наблюдается, что комплекс пластичных отложений испытывает при складчатости более или менее резкие деформации и мощность этих горизонтов в замках складок сильно увеличивается.

Складки, в которых мощности слоев вторично изменены при складкообразовании, вследствие чего имеет место значительное несоответствие структуры в разных пластах, называются д и с г а р м о н и ч н ы м и складками.

Дисгармоничные складки могут образоваться тогда, когда пластичные отложения испытывают деформацию с выдавливанием материала в замки складок. Это нередко можно наблюдать в отдельных пластах, которые состоят из материала, сравнительно пластичного и резко отличающегося по своим механическим свойствам от включающих его жестких горизонтов. Но в громадном большинстве случаев и особенно тогда, когда пластичный горизонт состоит из целого ряда пластов, имеющих значительную мощность, деформация его выражается в развитии дополнительных складок.

При образовании дополнительных складок (см. фиг. 81, в) происходит утолщение в замке основной складки. Дополнительные складки развиваются в результате тех напряжений, которые проявляются при изгибании всякой наслоенной толщи. Осевые плоскости таких дополнительных складок вообще имеют иное падение сравнительно с осевой плоскостью основной антиклинали.

Одной из разновидностей структуры являются у п л о т н е н н ы е складки. Этот тип складчатости с первично утоненным сводом резко отличается от предыдущего тем, что в седлах антиклиналей мощность горизонтов заметно уменьшается сравнительно с крыльями складок и особенно с мультимыми частями промежуточных синклиналей (фиг. 81, г). Мощность горизонтов в седле антиклинали уменьшается в результате деформации, например при выщипании какой-нибудь плотной или пластичной массы (каменной соли, гипса или интрузивной магмы). В том случае, когда масса

протыкает свод антиклинальной складки, образуется так называемая диапировая складка (фиг. 81, *д*).

Наиболее распространенной разновидностью диапировых складок с ядрами протыканий являются соляные купола — складки, в которых ядро протыкания не выходит на дневную поверхность и скрыто покровом более молодых отложений, нередко собранных в спокойную антиклиналь. Такие складки именуется скрытодиапировыми (криптодиапировыми) (фиг. 81, *е*). Характерным отличием диапировых складок от складок с первично утоненным сводом является то, что в первых ядра резко увеличены в своей мощности против первоначальной, а во вторых, наоборот, уменьшены. Интенсивность складчатости в этих двух формах сначала возрастает с глубиной, но затем в диапирах резко сменяется пологим и даже синклинальным залеганием слоев, а в складках с первично утоненным сводом постепенно переходит к нормальному или параллельному строению (в свитах отложившихся до начала складкообразования). В природе часто наблюдается, что складки с первично утоненным сводом осложнены диапирозом.

При диапирозе значительное распространение имеют новейшие разрывы в земной коре, к которым приурочены грязевые вулканы. Грязевые вулканы представляют собой большие холмы плоско-конической формы, сложенные сопочными отложениями. На вершине вулкана имеется воронкообразный кратер, из которого периодически или непрерывно выделяются газ, вода (иногда с пленками нефти) и грязь; последняя, растекаясь по склону сопки, наращивает сопочный конус.

Грязевые вулканы, как это отметил И. М. Губкин еще в 1914 г.; приурочены к местам разветвления складок или же к местам, где меняется направление оси складки.

На основе изучения элементов складчатых нарушений выделяют два основных типа складок (по В. В. Белоусову и В. Е. Хану).

Складки первого типа образуются в результате преобразования вертикальных напряжений в горизонтальные с общим движением масс в горизонтальном направлении. Складки этого типа называются линейными или полными (голоморфными) и характеризуются непрерывным распространением складчатых нарушений на большой площади.

Основные свойства линейных складок таковы: непрерывность развития с отсутствием участков горизонтального залегания слоев (отсюда и термин «полная складчатость»); подобие или равное развитие (т. е. примерно одинаковая ширина) антиклиналей и синклиналей (конгруэнтность); выдержанность по простиранию основных тектонических линий, т. е. линейность; горизонтальная ориентированность движения масс, выражающаяся в закономерном и одинаковом на большой площади наклоне осевых поверхностей складок и разрывом.

Для этого типа нарушений характерны следующие морфологические особенности: 1) отчетливая линейность в плане, выражаю-

щаяся в том, что длина складок во много раз превышает их ширину; 2) любая форма складок, любые углы наклона осевых плоскостей (наклоненные, лежащие, опрокинутые); 3) резкое колебание мощностей слоев, а также резкое дисгармоничное строение в пределах границ складчатых нарушений.

Такие складки образуют многочисленные складчатые зоны.

Складки второго типа возникают в результате региональных или местных (локальных) вертикальных колебаний земной коры (радиальных движений). Эти нарушения часто сопровождаются также процессами течения пластических масс горных пород.

Складки этого типа называются прерывистыми (или идиоморфными).

К основным свойствам прерывистых складок относятся следующие: кажущаяся прерывистость или локальность складок, т. е. наличие изолированных складок среди горизонтально залегающих слоев; отсутствие подобия (инконгруэнтности) — неравное развитие антиклиналей и синклиналей; отсутствие линейности, т. е. правильного простирания складок; отсутствие горизонтальной ориентированности в движении масс.

Складки этого типа характерны главным образом для платформенных областей и наблюдаются в таких районах, как восточная часть Русской равнины, Прикаспийская впадина, Ферганская долина и др.

К складкам местных, локальных колебаний относятся антиклинали, синклинали, купола, мулдьды. Этот тип в основной массе характеризуется неправильно эллиптическим контуром в плане, но могут встречаться и отчетливо линейные формы, сравнительно простое поперечное сечение, в большинстве случаев имеющие пологие изгибы; небольшой наклон осевых плоскостей; преобладание антиклинальных форм (для складок локальных колебаний). Для него характерны закономерное сокращение мощностей в сводовых частях антиклиналей и увеличение их в синклиналях. Существенным является также литологическое изменение состава пород от осевых частей к периферийным, что указывает на возможность их образования в период осадконакопления, и, наконец, достаточно крупные размеры складчатых нарушений.

Помимо двух основных типов широко распространены складки промежуточного типа, среди которых в зависимости от соотношения и формы антиклиналей и синклиналей выделяются складки: 1) гребневидные, 2) коробчатые и 3) сундучно-щелевидные.

В типичных гребневидных формах наблюдаются чередования резко выраженных сжатых антиклиналей с широкими плоскими синклиналями. В плане они обнаруживают брахискладчатый характер: линейность и ориентированность движения масс выражены слабо.

Коробчатые складки характеризуются наличием широких плосковерхих антиклиналей с крутыми, часто вертикальными крыль-

ями и аналогичных им синклиналей. В плане такие складки имеют овальные очертания. Типичным примером этих складок являются структуры Терско-Сунженской области Предкавказья (Ново-Грозненская и Терская антиклинали).

Сундучно-щелевидные складки характеризуются широкими антиклиналями, осложненными узкими щелевидными синклиналями.

Типичные примеры складок, наблюдаемых в земной коре, и характерные черты их приведены ниже.

Простые закрытые купола имеют размеры от нескольких десятков метров до нескольких десятков километров в диаметре. Разрывные дислокации занимают подчиненный характер. Слои в пределах поднятий плавно изгибаются; углы падения постепенно увеличиваются по восстанию крыльев. Типичным примером является Сураханский купол на Апшеронском полуострове (фиг. 82, а).

Простые разбитые купола характеризуются наличием большего или меньшего числа разрывных дислокаций (сбросов), затухающих при переходе к межкупольному пространству. Например, Биби-Эйбатский купол на Апшеронском полуострове (фиг. 82, б).

Овалы-горсты — это складки эллипсоидных очертаний, осложненные системой разрывных дислокаций (сбросов), расположенных на крыльях поднятий (фиг. 82, в).

Сундучные поднятия одно- и двусторонние (жигулевские складки) представляют собой поднятия брахиантиклинальной формы длиной до 10 км с амплитудой поднятия до 1 км. Свод складки широкий и плоский, иногда усложненный пологими куполами низших порядков. Пологие крылья усложнены флексурами. В качестве примера можно привести Арчединско-Донскую группу поднятий (фиг. 82, г).

Коробчатые складки имеют коробчатую форму, в плане овальные очертания; осложнены разрывами надвигового характера, например, Ново-Грозненская антиклиналь (фиг. 82, д).

Сводовые поднятия — это крупные поднятия с амплитудой, достигающей нескольких километров. Углы падения на крыльях различные; крылья иногда осложнены флексурами, разрывами (Мангышлак, Большой Балхан; хребет Хамар-Дабан).

Валы имеют форму вытянутых прерывистых антиклиналей, длина которых значительно превышает ширину. Углы наклона слоев на крыльях от нескольких минут до нескольких градусов (Окско-Цнинский вал на Русской платформе).

Сложные поднятия (туймазинские складки) представляют собой брахиантиклинали, или округлые поднятия с очень пологим падением слоев и малой амплитудой поднятия, например Туймазинская структура (Башкирия), Бавлы (Татария) (фиг. 82, е).

Складки-флексуры — это поднятия с резко асимметричными крыльями малых площадных размеров; амплитуда их

не превышает нескольких десятков метров. К этому типу относятся Бугурусланская, Кинель-Черкесская складка Куйбышевской области, зона Керенско-Чембарских поднятий (фиг. 82, ж) и др.

Диapiroвые купола (диapiroвые ядра протыкания, соляные купола, глиняные диapiroы) характеризуются резким проявлением дисгармонии. В строении структур участвует не менее трех комплексов отложений, причем ведущее значение имеет средний высокопластичный комплекс (соль, гипс, глина). Этот комплекс в результате процесса выжимания образует ядра различной формы, и этим создается морфологическое разнообразие диapiroвых куполов. Породы верхнего комплекса образуют купол и усложняются значительным количеством разрывных нарушений.

Существование складок такого типа впервые было установлено И. М. Губкиным для областей юго-восточного и северо-западного погружения Кавказского хребта. Типичным примером являются диapiroвые купола Апшеронского, Таманского, Керченского полуостровов, соляные купола западного Казахстана (фиг. 82, и, к).

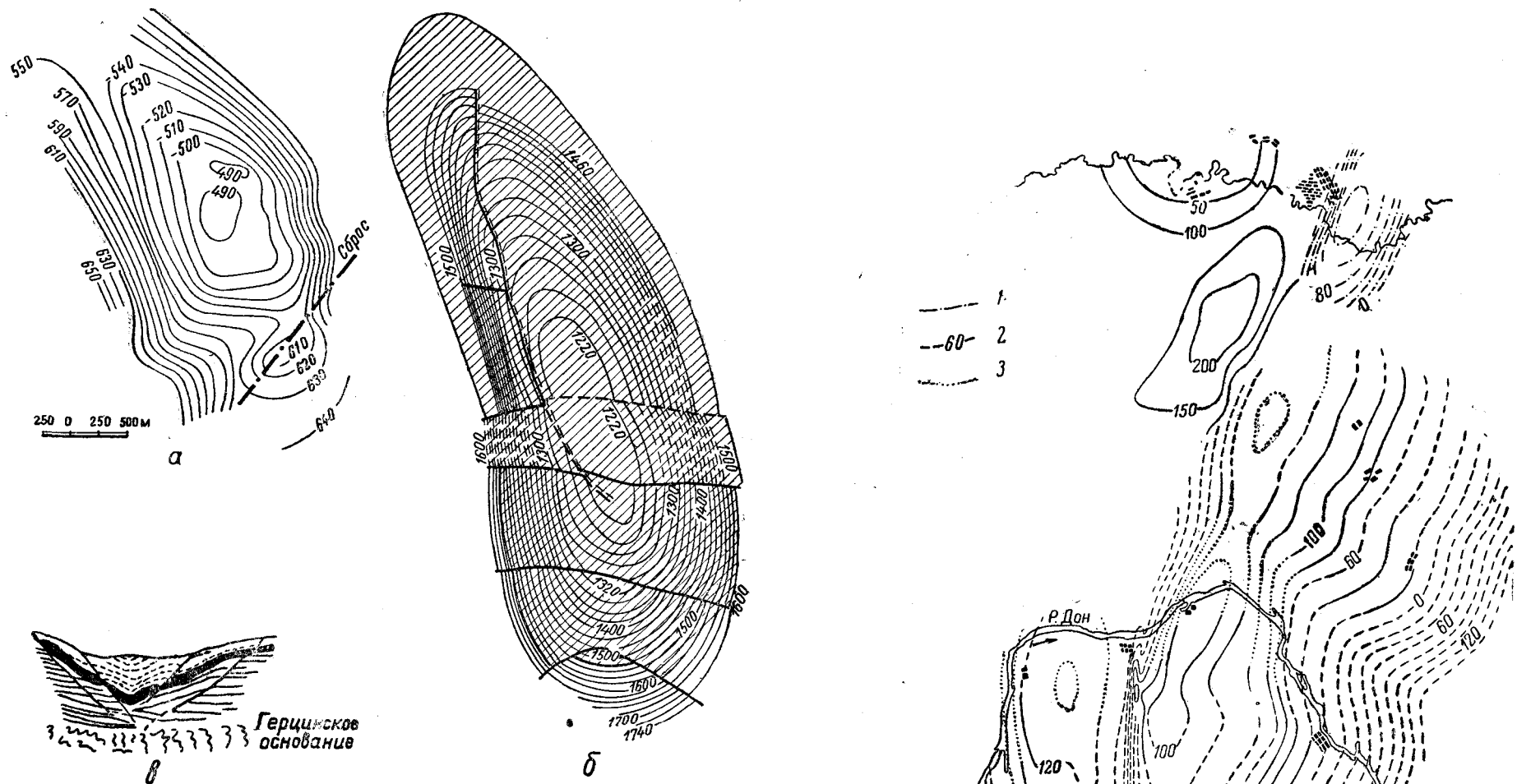
Обращаясь к детализации некоторых основных особенностей строения отдельных складчатых форм, отметим, что наряду с морфологическими признаками необходимо учитывать также генетическую обстановку развития складкообразования.

При непрерывном осадконакоплении осадки отлагаются как на относительно поднимающихся, так и на относительно погружающихся синклинальных участках. На поднимающихся участках отлагаются осадки меньших мощностей, чем на погружающихся. Такое непараллельное залегание слоев, получившееся в результате неравномерного накопления осадков, называется скрытым (или дисперсным) несогласием. Примерами тектонического развития складчатых структур одновременно с осадкообразованием являются антиклинальные складки Ферганской долины (псевдодиapiroвые по В. И. Попову<sup>1</sup>). Характерными особенностями этих складок являются: большая смятость нижних горизонтов по сравнению с верхними; постепенное увеличение углов падения при переходе к более глубоким горизонтам; увеличение углов падения в ядрах антиклиналей; уменьшение мощностей осадков в антиклиналях по сравнению со смежными синклиналями и, наконец, увеличение мощности осадков на одном из крыльев складки в связи с перекачиванием ее оси (смещением оси во времени, т. е. в более молодых осадках к центру впадины) (фиг. 82, л).

При изучении структурных особенностей таких складок весьма сложным и практически важным вопросом является выяснение закономерностей в смещении сводов<sup>2</sup>. Среди этих форм складок выделяются две. Первые — одноосные брахиантиклинали (фиг. 82, м), характеризующиеся одной осевой поверхностью, общей для нижних

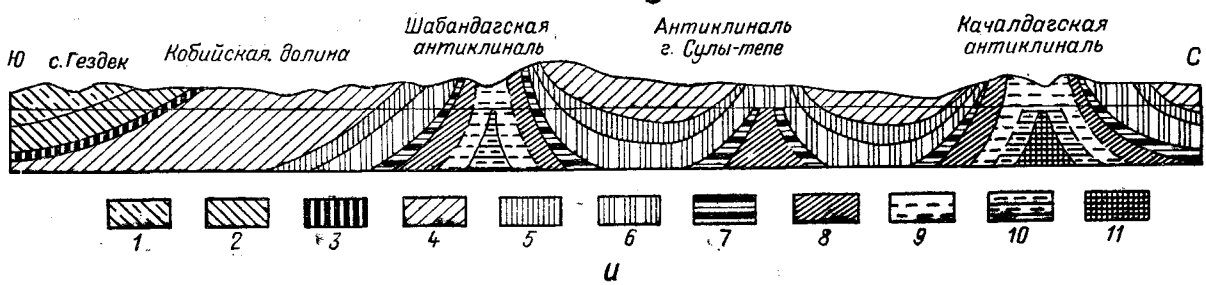
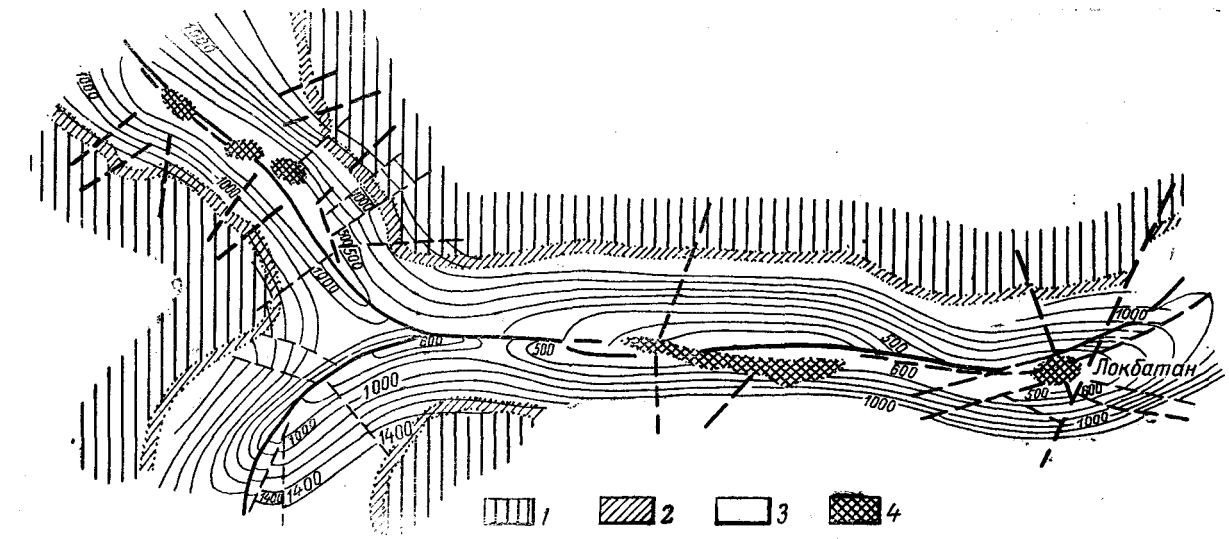
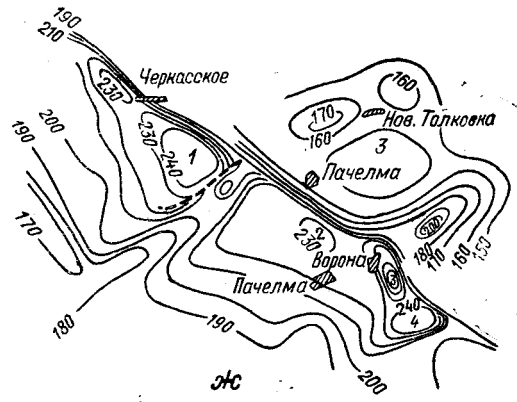
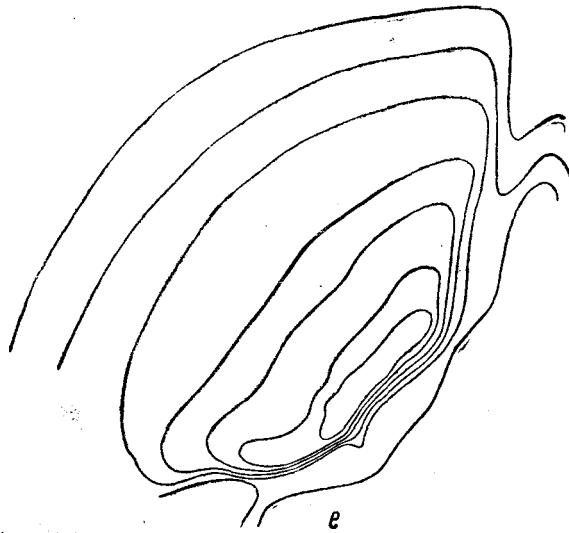
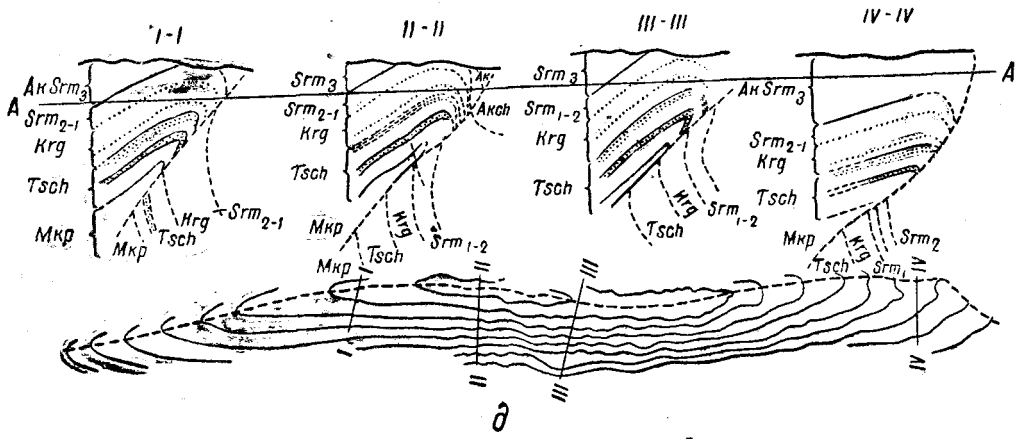
<sup>1</sup> Попов В. И. Геологические условия формирования кайнозойских моласс Ферганы. Комитет наук УзССР, Ташкент, 1940.

<sup>2</sup> Рыжков О. А. Некоторые данные по тектонике брахиантиклиналей предгорий Ферганы. Труды Института геологии АН УзССР, вып. 4, 1949.

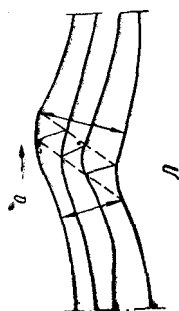
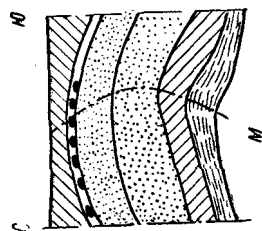
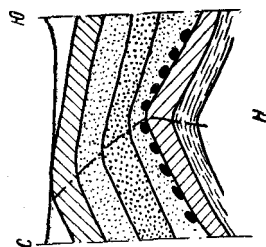
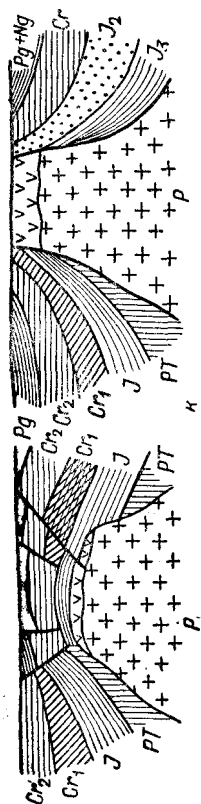


Фиг. 82 (а-н). Типы складчатых структур.

а — простой закрытый купол; структурная карта Сураханского купола, Апшерон (по И. М. Губкину); изогипсы по кровле X горизонта; б — простой разбитый купол; структурная карта купола Биби-Эйбат, Апшерон; изогипсы по кровле свиты надкырманских песков, жирные линии — сбросы; в — овал-горст; схематический разрез мульд, осложненной нарушениями; г — структуры Арчединско-Донской группы поднятий (по В. Г. Васильеву и И. В. Высоцкому): 1 — изогипсы по контакту  $S_3^3$  и  $S_2^4$ ; 2 — изогипсы по кровле  $S_3$ , 3 — воздушные изогипсы; д — Ново-Грозненская антиклиналь (по Е. Я. Старобинцу); е — Гуймазинская складка (по А. А. Трофимуку); жс — складки-флексуры Керенско-Чембарских поднятий (по В. Л. Соколову); стратогипсы по подошве сантона. Поднятия: 1 — Чернаское, 2 — Красноозерное, 3 — Пачелмское, 4 — Пустынное; з — Сумгаит-Аташья-Путинская антиклиналь (по А. А. Якубову): 1 — апшеронский ярус, 2 — ачачгыльский ярус, 3 — продуктивная толща, 4 — сопочная брекчия (зоны развития грязевых вулканов); и — схематический разрез диапировых складок Апшеронского полуострова: 1 — апшерон средний, 2 — апшерон нижний, 3 — ачачгылы, 4 — продуктивная толща, 5 — повитический ярус, 6 — дватомовые слои, 7 — спиралисовые слои, 8 — майнопская свита, 9 — коун верхний, 10 — коун средний, 11 — коун нижний; к — солянокупольные структуры закрытого и прорванного типов; л — асимметричная складка с перекатывающейся осью (а — интервал переката оси); м — одноосная складка; н — двuosная складка.







и верхних горизонтов. Поверхность эта дугообразно изогнута и обращена выпуклостью в сторону крутого крыла. Непрерывность ее обусловлена отсутствием денудационных поверхностей (перерывов) в разрезе толщ, слагающих складку, вследствие того, что складкообразование происходило непрерывно и одновременно с осадконакоплением.

Вторые — многоосные брахиантиклинали — возникают при наличии перерывов; поверхности денудации как бы разделяют осевую поверхность на ряд смещенных отрезков. В наиболее простом случае, при наличии одного перерыва, часть складки, расположенная ниже денудационной поверхности, имеет одну осевую поверхность, а часть складки выше денудационной поверхности другую осевую поверхность (фиг. 82, н). Относительные смещения обеих осевых поверхностей связаны с ростом складки в условиях денудации.

### § 5. Методы изучения и изображения складчатых нарушений

Основной задачей структурной геологии является изучение условий залегания горных пород и всех тех нарушений, которые с ними связаны. К числу последних в первую очередь относятся складчатые нарушения, типичные формы которых были рассмотрены выше.

Все складчатые нарушения образуются в результате колебательных и волновых движений или их совместным действием. Рассмотрим методы изучения каждого из этих типов движений.

Колебательные движения геологического прошлого, прослеживаемые в трансгрессиях и регрессиях, выражаются в изменении литологического состава пород. Свидетельством таких движений служит периодическая повторяемость (ритмичность) в разрезе в определенной последовательности сходных осадков. В основании этих ритмов или многослоев прослеживается крупнообломочный материал, отложившийся на небольших глубинах морского бассейна (в его прибрежной зоне). Выше по разрезу они постепенно сменяются более мелкими, отсортированными материалами, иногда переходящими в химические осадки открытого моря, что указывает на продолжающееся вертикальное движение отрицательного направления.

Изменение литологического состава осадков в сторону укрупнения обломков указывает на развитие регрессивного полуцикла, который влечет за собой обмеление бассейна, сокращение его площади и накопление нового крупнообломочного материала. Подобная ритмичность (или цикличность) имеет большое практическое значение не только для изучения колебательных движений, но и при поисках и разведке нефтяных месторождений.

Основными методами изучения волновых движений геологического прошлого служат анализ распределения фаций и анализ мощностей.

В основе анализа распределения фаций лежит то, что пространственное расположение различных литологических

## Первичные несогласия

типов осадков отражает распределение в пространстве зон поднятия и размыва, а также зон погружения и накопления осадков. Кроме того, характер осадков дает возможность судить об интенсивности воздымания и прогибания дна бассейна в различных его пунктах. Ширина фациальных зон, занятых определенной литофацией, зависит от соотношения скорости поднятия зоны размыва и скорости погружения зоны накопления; от этого зависит и состав осадков, образующихся в данной точке бассейна в данный момент. Чем интенсивнее происходит воздымание суши и чем медленнее происходит погружение дна бассейна, тем шире фациальные зоны и крупнообломочный материал проникает дальше в глубь бассейна.

Низкая же суша, испытывающая лишь слабое воздымание, или бассейн с интенсивным погружением дна создают обстановку, в которой фациальные зоны отличаются незначительной шириной и осадки на сравнительно небольшом расстоянии от берега приобретают облик относительно глубоководных образований.

Анализ распределения мощностей дает не только качественное, но и количественное представление о режиме волновых движений в каждой точке бассейна. При условии относительно небольшой глубины бассейна и поступления обломочного материала с суши накопление его на одном и том же батиметрическом уровне (мощность осадков) независимо от его литологического состава отражает размер тектонического прогибания дна бассейна за время отложения данной свиты. Например, отмечаем, что мощность данной свиты составляет 650 м, причем нижние слои отложились при глубине бассейна 200 м, а верхние — при глубине 50 м; отсюда истинный размер тектонического погружения составит  $650 - 150 = 400$  м (учитывая, что верхняя часть свиты отлагалась при обмелении бассейна, вносим соответствующую поправку и глубины при обмелении принимаем со знаком минус).

Несомненно, что некоторые изменения и искажения первоначальной мощности осадков происходят в результате их уплотнения при диагенезе и пластической деформации при складкообразовании.

При изучении складчатых зон необходимо уделять должное внимание анализу региональных перерывов в отложениях осадков. Такие перерывы возникают в результате положительных колебательных движений, с которыми совпадают фазы резкого усиления интенсивности волновых восходящих движений.

Фазы несогласий, приуроченных к перерывам, надо обозначать по возрасту разделяемых ими отложений, указывая оба возрастных предела (например, послесарматская доакчагыльская фаза). Для более полного восстановления истории складкообразования необходимо детальное изучение условия залегания последовательно налегающих друг на друга осадочных толщ.

Классификация несогласий (подробно рассмотренных в главе I, § 5), наблюдаемых при складчатых движениях (по В. Е. Хаину), представляется в таком виде.

I. Несогласия, вызванные наложением колебательных движений на нисходящие волновые движения.

A. Без изменения направления (плана) волновых движений:

- 1) эрозионное (параллельное) несогласие;
- 2) параллельное прилегание;
- 3) плащеобразное облекание.

B. С изменением направления волновых движений:

- 4) географическое несогласие.

II. Несогласия, вызванные проявлением колебаний в зонах, переходных между волновыми поднятиями и волновыми опусканиями:

- 5) краевое несогласие;
- 6) трансгрессивное и несогласное перекрытие;
- 7) трансгрессивное и несогласное прилегание;
- 8) регрессивное прилегание.

III. Несогласия, вызванные наложением колебательных движений на складчатые движения.

A. Без изменения направления складчатых движений:

- 9) угловое несогласие.

B. С изменением плана складчатых движений:

- 10) азимутальное несогласие.

IV. Несогласия, возникающие при сочетании складчатых и нисходящих волновых движений:

- 11) рассеянное несогласие;
- 12) подводно-оползневое несогласие.

## Вторичные несогласия

- 13) Дисгармоничное несогласие;

- 14) разрывное несогласие;

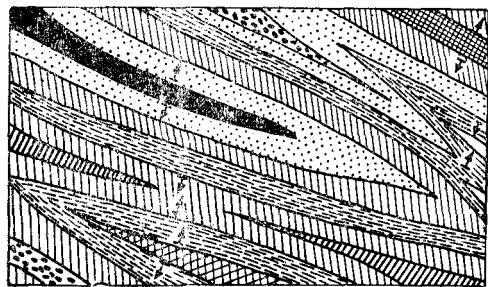
- 15) диапировое несогласие.

При изучении крупномасштабных карт складки характеризуются целым рядом признаков, которые при соответствующем анализе позволяют выделять в них основные, наиболее существенные особенности.

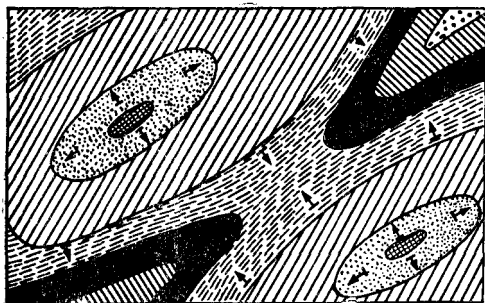
Так, выходы пластов на поверхность в каждой отдельной складке, располагаясь симметрично по отношению к осевой линии, прослеживаются относительно параллельными полосами и этим очерчивают в плане форму складки (фиг. 83). При этом наблюдается, что ширина выходов пластов прямо пропорциональна мощности пластов и обратно пропорциональна углу падения крыльев складки. Отсюда: чем складки положе, тем большее значение в форме очертаний выходов пород имеет рельеф и, наоборот, при возрастании углов падения пород на крыле роль рельефа уменьшается (так как проекции выходов пластов приближаются к прямойлинейному простиранию).

Изучение тектонических форм только на основе последовательности выходов пластов без учета рельефа поверхности и особенно

элементов залегания пластов может оказаться довольно затруднительным и иметь несколько вариантов решений, что практически недопустимо. Так, на фиг. 84 представлена геологическая карта без обозначения рельефа. Пользуясь изложенной выше методикой, можно предложить четыре возможных варианта ее объяснения. Если рельеф местности равнинный или горизонтальный, то форма складки будет соответствовать антиклинали (фиг. 84, а) или син-



а



б

Фиг. 83. Схема размещения складок на геологической карте.

а — узкие длинные складки; б — короткие замыкающиеся складки.

которые определяют характер структурных форм. Так, например, брахискладки имеют форму эллипса; в ядре брахиантиклинали прослеживаются более древние, а брахисинклинали наиболее молодые слои, чем на крыльях.

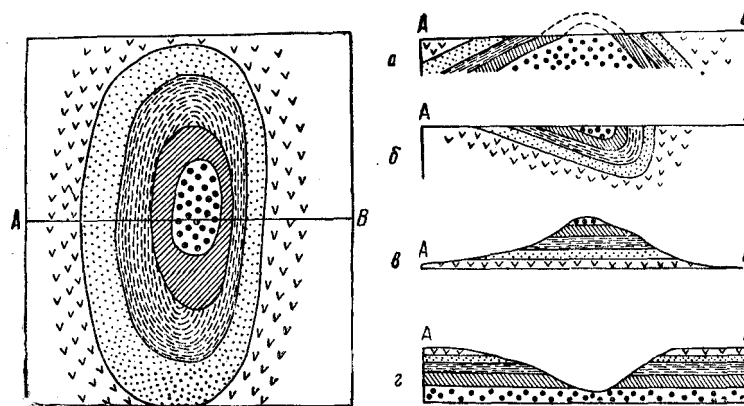
Периклинальные окончания складок в зависимости от формы последних могут быть острыми, что указывает на резкий перегиб, или же округлыми как следствие полого свообразного перегиба. Разбирая и анализируя геологическую карту при ее чтении, прежде всего надо изучить весь комплекс наблюдаемых отложений на основе имеющихся условных обозначений и, пользуясь стратиграфической последовательностью, найти затем на карте выходы древних и молодых пород.

Если же данный участок характеризуется расчлененным рельефом и здесь наблюдается холм или, наоборот, понижение в рельефе (овраг или промоина), то тогда положение всех этих пластов в пространстве определится как горизонтальное (фиг. 84, в, г). Для однозначного и единственно правильного решения этой задачи необходимо помимо изображения характерных элементов рельефа наносить на геологическую карту или план знаки падения, простирания и углы падения пластов согласно принятым условным обозначениям.

При изучении геологической карты основное внимание геолога должно быть обращено на все те признаки, ко-

такие полосы выходов определяют в первую очередь местоположение осей складок, их пространственное размещение, а также взаимосвязь отдельных складчатых нарушений между собой.

На геологической карте, где изображено несколько периклинальных окончаний длинных складок, пласты погружающихся окончаний их образуют ряд резких или плавных зигзагообразных полос. Выступы и углы таких зигзагов, обращенные вершиной в сторону более молодых пластов, соответствуют осям антиклиналей, обратные — осям синклиналей (см. фиг. 83).



Фиг. 84. Геологическая карта и варианты геологических разрезов при отсутствии элементов залегания пластов.

а — антиклиналь; б — синклиналь; в — горизонтальное залегание при наличии холма в рельефе; г — то же при наличии оврага в рельефе.

Изображение складок возможно различными способами, начиная от схематичного — общего — путем обозначения лишь следа осевой плоскости на плане и взаимосвязи крыльев между собой (по элементам залегания пластов или свит) до детального освещения их с максимальными подробностями, включая даже отдельные пласты (в зависимости от крупности масштаба, например от 1 : 5000 до 1 : 1000, при инженерно-геологических и других специальных съемках).

Геологическое строение складчатых нарушений в плане может представляться в том виде, в каком они получаются при вскрытии их современной поверхностью (рельефом) или при сечении горизонтальной поверхностью на какой-либо глубине.

В тех случаях, когда на плане приводится изображение, выходящих на поверхность различных геологических образований по возрастному признаку, получают геологическую карту, примеры которой указаны выше и на фиг. 85.

При изображении этих складчатых нарушений в плоскости какого-либо условно взятого горизонтального сечения получают карту горизонтального среза, иногда не совсем правильно называемую пластовой.

Наиболее удобный метод изображения складчатых нарушений в плане — это изображение структурной поверхности при помощи плоскостных горизонталей (стратоизогипс), проведенных через определенные высотные интервалы. Стратоизогипсы характеризуют простирание слоев, а карты, получающиеся при таком изображении складок при помощи горизонталей или стратоизогипс, называются структурными.

Структурная карта представляет собой условное изображение в горизонталях формы определенной поверхности, например кровли или подошвы пласта или свиты.

Средством для изображения структурных элементов складки являются горизонталей, которые называются подземными в отличие от горизонталей, очерчивающих рельеф дневной поверхности. Счет подземных горизонталей ведется от нулевой поверхности, от которой считаются и поверхностные горизонталей, т. е. от уровня моря. При этом поверхностные и подземные горизонталей имеют различные высотные отметки. Подземные горизонталей, расположенные выше уровня моря, читаются со знаком плюс, а находящиеся ниже уровня моря — со знаком минус.

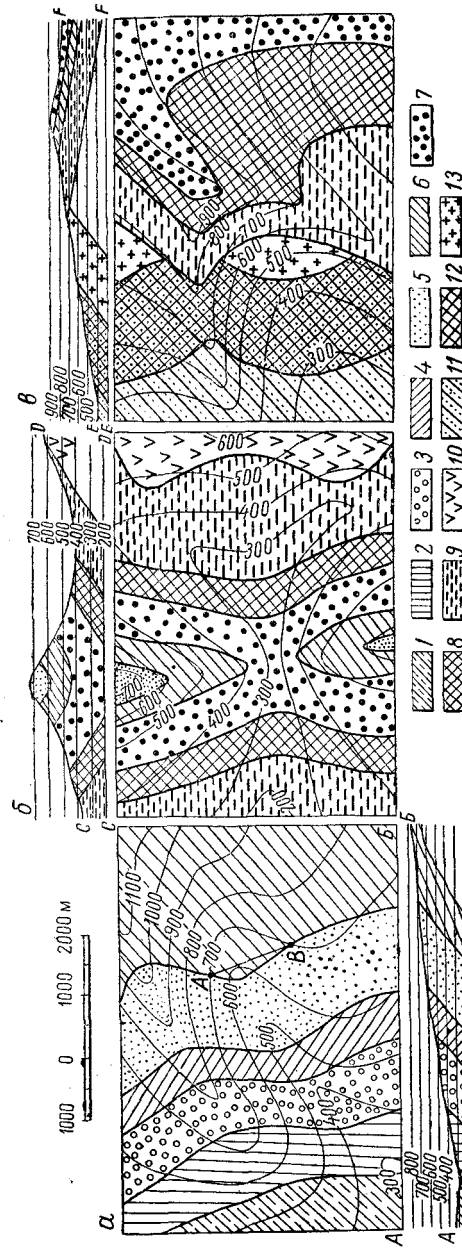
Изображение структурными картами подземного рельефа широко применяется в геологии нефтяных месторождений, при изучении разных пластовых месторождений полезных ископаемых, а также в гидрогеологических работах. Во многих случаях составляют карты подземного рельефа для пластов, лежащих на глубине и не выходящих на поверхность, пользуясь для этого данными бурения, шурфования и других разведочных работ.

Методика составления карт подземного рельефа состоит в следующем.

Выбирается нулевая плоскость, под которой подразумевается та начальная уровенная поверхность или часть ее, от которой в данной местности ведется отсчет высотных отметок. Понятие нулевой плоскости есть понятие условное; эту плоскость можно выбирать произвольно, исходя из удобства составления карты и чтения ее впоследствии. Удобно эту плоскость привязывать к уровню моря, тогда горизонталей антиклинальной складки будут иметь численные отметки, убывающие от свода к крыльям, а в синклинальной — наоборот.

Наиболее точным методом составления структурных карт является построение их по профилям, полученным при картировании. Это способ простой и заключается в следующем.

На профильные разрезы накладывается сетка с интервалами принятого сечения. В каждом из профилей сносят на горизонтальную линию, принятую за нулевую, точки пересечения плоскости маркирующего горизонта кровли или подошвы с линиями высотной сетки (фиг. 86, а). Полученные точки с отвечающими им абсолютными отметками горизонта, определяемыми на самых профилях, наносят на карту по линиям профилей. Структурная схема, как это

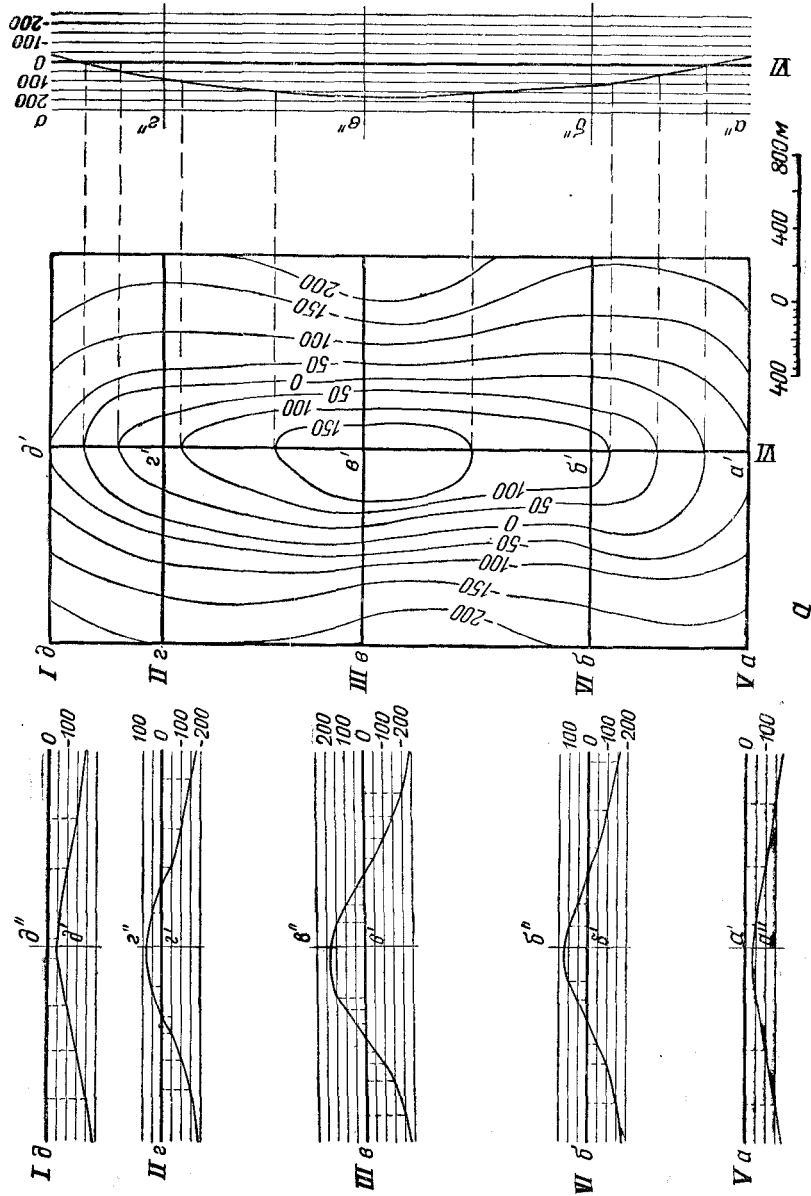


Фиг. 85. Геологические карты и профильные разрезы, составленные в масштабе 1 : 50 000.

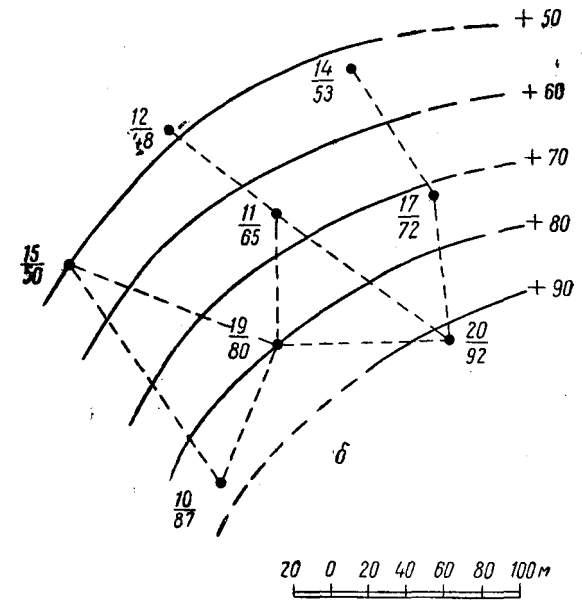
а — Моноклиналная складка с палеогеном слоев на юго-запад, сложенная отложениями мезозоя; профильный разрез построен по южной границе карты; б — синклинальная складка, сложенная мезозойскими отложениями; профильный разрез построен по северной границе карты; в — моноклиналная складка, сложенная отложениями палеозоя; несогласно перекрестка породами мезозоя; профильный разрез построен по северной границе карты; мел верхний: 1 — сенон; 2 — сенонан; мел нижний; 3 — альб; 4 — альб; 5 — неоген; 6 — юра верхняя; 7 — юра средняя; 8 — юра нижняя; 9 — триас верхний; 10 — триас средний; 11 — девон верхний; 12 — девон средний; 13 — девон нижний.

видно из приведенного построения, производится путем соединения между собой точек с одинаковыми отметками.

Наряду с использованием профилей, построенных вкрест простирания складки (I, II, III, IV и V), обязательно требуется составление дополнительного профиля по простиранию структуры



Фиг. 86. Построение структурной карты. *a* — методом профилей; *б* — методом треугольников (в числителе номера обнажений, в знаменателе абсолютная отметка кривой маркирующего горизонта).



(VI), при помощи которого определяют периклинальные окончания складки.

Для этого точки пересечения каждого из профилей с профилем VI переносим на соответствующие профили, откладывая на них от начала профиля расстояния  $a-a'$ ,  $b-b'$  и т. д. Затем из точек  $a'$ ,  $b'$ ,  $v'$  и т. д. восстанавливаем перпендикуляр к нулевой линии до пересечения с границей пласта, находим абсолютные отметки их. Полученные численные значения переносим на профиль VI последовательно, сохраняя при этом расстояния между точками измерения (т. е.  $a'-b'$ ,  $b'-v'$ ,  $v'-z'$ ,  $z'-d'$ ). Соединяя между собой полученные точки на профиле VI плавной линией, получаем пространственное положение складки по поверхности построения структурной карты.

Достоверность каждого профильного разреза зависит от числа пробуренных скважин, детальности изучения геологии по линии профиля на поверхности, от сложности тектоники или фациальной изменчивости.

При применении метода построения структурных карт по профилям используются все точки наблюдений (обнажения, шурфы, скважины и др.), находящиеся непосредственно на линии профиля. Однако при геологическом изучении исследуемого района помимо этого наблюдается еще целый ряд других точек (обнажений, разведочных выработок и т. д.), находящихся между профилями. Все они должны быть непременно использованы для построения структурной карты. Практически это осуществляется при помощи по-

строения промежуточных профилей и увязки их с основными или путем пропорционального деления отрезков прямых (как это указано ниже).

Такие дополнительные точки, уточняющие пространственное положение основной плоскости маркирующего горизонта, дают возможность составить наиболее точную структурную карту, детально отражающую условия залегания горизонта, и судить по ней о тектоническом строении и форме складки.

Если такие промежуточные дополнительные точки существенно изменяют пространственное положение горизонталей (изогипс) на карте, то по уточненной структурной карте вносятся соответствующие дополнения и уточнения в те геологические профили, которые являлись исходными для построения карты.

В этом заключается взаимная проверка и увязка геологических профилей и структурных карт — важнейшее условие в всех графических построениях, широко применяемых в структурной геологии и геологическом картировании.

Другим методом построения структурных карт, применяемым при изображении моноклинальных форм залегания, является геометрический.

На карту (фиг. 86, б) по данным картирования обнажений, буровых скважин и горно-разведочных подземных выработок наносят все точки, для которых определены абсолютные отметки залегания пласта (кровли или подошвы его). Возле каждой точки отмечают абсолютную отметку пласта. Затем эти точки соединяют прямыми, проводимыми преимущественно вкост простирания, образующими при большом количестве точек более или менее густую сеть. Отрезки прямых между точками делят на равные части соответственно числу горизонталей, какое должно между ними получиться. Например, если одна точка превышает другую на 50 м, а избранное сечение горизонталей равно 10 м, то линию между ними делят на 5 частей. Точки, полученные делением отрезков прямых, имеют определенные высотные отметки; соединив между собой все точки, лежащие на одной высоте, получим подземные горизонталы, которые вырисовывают структурную поверхность или подземный рельеф пласта.

При разбивке отрезков, соединяющих обнажения или точки с абсолютными или условными отметками пласта, удобно пользоваться графическим приемом при помощи так называемой высотной арфы или палетки. Последняя представляет собой вычерченную на кальке сетку (фиг. 87), состоящую из параллельных прямых, проведенных на одинаковом друг от друга расстоянии, например через 1 мм, с цифровыми отметками 0, 5, 10, 15, 20 и т. д. Арфа накладывается на разбиваемую линию так, чтобы на одну из крайних точек с отметкой легла какая-нибудь из линий арфы. Затем, не смещая точки с одной линии, вращают арфу до тех пор, пока другая точка отрезка не совпадет с такой линией арфы, при которой между обеими точками окажется число промежутков между линиями арфы, равное разности высотных отметок взятых обнаже-

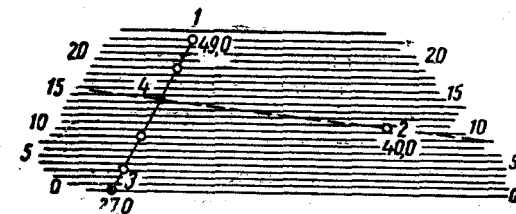
ний. Точки пересечения линий арфы с отрезками перекальваются на карту. Точки, соответствующие изогипсам, находят простым отсчетом от исходной точки нужного количества отмеченных на отрезке интервалов.

Например, пусть имеем три точки 1, 2, 3 с отметками пласта соответственно 49,0, 40,0 и 27,0 м. Ставим арфу так, чтобы линия 0—0 пришлась на точку 3; после этого вращаем арфу до совмещения точки 1 с линией арфы 22, так как разность отметок точек 1 и 3 составляет 22 мм. Тогда отрезок, соединяющий точки 3 и 1, линиями арфы будет разделен на 22 части. Идя от точки 3 к точке 1, получаем через три интервала точку с отметкой 30,0, через восемь интервалов точку с отметкой 35,0 и т. д. Соединив точку 2 с точкой 4, получаем изогипсу 40 м. Точно так же поступаем и для отрезков, соединяющих точки 3 и 2, а также 2 и 1.

В результате графического определения или подсчета получаем серию точек со значениями, отвечающими взятому сечению изогипс (10, 20, 30); точки соединяем изолиниями и получаем таким путем стратоезогипсы карты. При наличии дробных отметок можно применить более сгущенную сетку палетки или путем пересчета найти близкие цифровые отметки, равные целым числам. Полученные точки необходимо соединить плавными линиями, не допуская резких перегибов, мало правдоподобных для структурных 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.

Изогипсы, проведенные предположительно, показываются пунктирными линиями. Целесообразно для наглядности изогипсы со значениями 0,50, 100 и 150 при сечениях через 10 м выделять жирными линиями.

На практике при построении подземного рельефа нередко встречаются затруднения, главным образом из-за недостатка фактического материала, который при более или менее сложной структуре должен быть довольно значительным, чтобы давать однозначное решение. Весьма важно при составлении карт подземного рельефа иметь общее представление о характере имеющихся тектонических форм, что помогает разобраться в сомнительных случаях. Ни одним образом нельзя интерполировать точки, лежащие на разных крыльях складок или разделенные резкими выступами и впадинами, так как это может совершенно исказить на карте структуру. Поэтому требуется большая внимательность в работе и критическая



Фиг. 87. Палетка для построения структурных карт (высотная арфа).

оценка пунктов наблюдения с точки зрения возможности соединения их между собой.

Очень важно знать, что при одном и том же сечении расстояние между стратоизогипсами в плане будет свидетельствовать о крутизне угла падения пласта. Чем более сближены стратоизогипсы, тем больше угол падения пласта. Для определения угла падения пласта на структурной карте поступают так же, как и для определения угла склона местности на топографической карте, т. е. руководствуясь формулой

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

где  $\alpha$  — угол падения пласта;

$h$  — разность отметок крайних стратоизогипс, в пределах которых определяется угол падения;

$l$  — расстояние в плане между этими стратоизогипсами, измеренное по линии, перпендикулярной к стратоизогипсам, т. е. по падению.

Графически угол падения определяется построением прямоугольного треугольника, где один катет равен  $l$ , другой  $h$ ; тогда острый угол, прилежащий к катету  $l$ , даст угол падения пласта.

Составление структурной карты не может рассматриваться как решение задачи чисто геометрического характера. Необходимо помнить, что для приближения к наибольшей точности изображения деталей складки надо учитывать все геологические данные поверхностных обнажений и геологических разрезов буровых скважин.

Структурная карта определенной стратиграфической поверхности, выраженная в подземных горизонталях и нанесенная на топографическую карту с поверхностным рельефом, изображенным также в горизонталях, дает возможность определить глубину залегания данной стратиграфической поверхности для любой точки топографической карты в пределах площади, охваченной структурной картой. Так, если точка находится на пересечении горизонтали топографической карты с подземной горизонталью структурной карты, глубина залегания структурной поверхности получается путем вычитания из высотной отметки поверхностной горизонтали отметки пересекающейся с ней подземной горизонтали. Если же точка лежит вне пересечения горизонталей, то определение глубины залегания производится путем интерполяции.

Структурные карты имеют ряд преимуществ, которые заключаются в том, что они дополняют геологическую карту при структурной геологической съемке, дают возможность проверить точность геологической съемки, позволяют определить элементы залегания пластов на глубине и уточнить положение оси складки. Структурные карты дают возможность составлять продольные, поперечные и другие профильные разрезы.

Пользуясь графическими методами изображения на геологических и структурных картах, можно показать не только отдельные складки, но и группы их. Последние могут иметь различное

взаимное расположение (фиг. 88), которое легко прослеживается по положению осей и сочетанию других элементов (крылья складок и пр.). Параллельное расположение складок лучше всего наблюдается на картах или планах по расположению осей этих складок (фиг. 88, а). Кулисообразное расположение складок (фиг. 88, б) характеризуется замещением по простиранию складчатой зоны одной складки другой, располагаясь к у л и с а м и. Иногда кулисообразно расположенные складки дают изгиб, или так называемую г и р л я н д у (фиг. 88, в). Нередко складки по простиранию разветвляются (иногда несколько раз) и образуют целый пучок складок; это — в и р г а ц и я с к л а д о к (фиг. 88, г, д, е).



Фиг. 88. Взаимное расположение группы складок.

а — параллельное; б — кулисообразное; в — гирлянды складок; г — виргация складок первого рода; д — виргация второго рода; е — виргация третьего рода или миндалевидный пучок складок.

Различают три рода виргаций (по С. С. Шульцу). Виргация первого рода заключается в том, что несколько примерно параллельных складок по простиранию расходятся, отдаляясь друг от друга. Виргация второго рода заключается в сходящемся складок при движении по простиранию в обе стороны.

Складки, разветвившиеся в одном месте и затем сходящиеся по простиранию, дают м и н д а л е в и д н ы й п у ч о к с к л а д о к (виргация третьего рода).

Весьма вероятно, что и виргация складок обуславливается наличием каких-нибудь жестких масс в изгибающейся толще или в ее фундаменте.

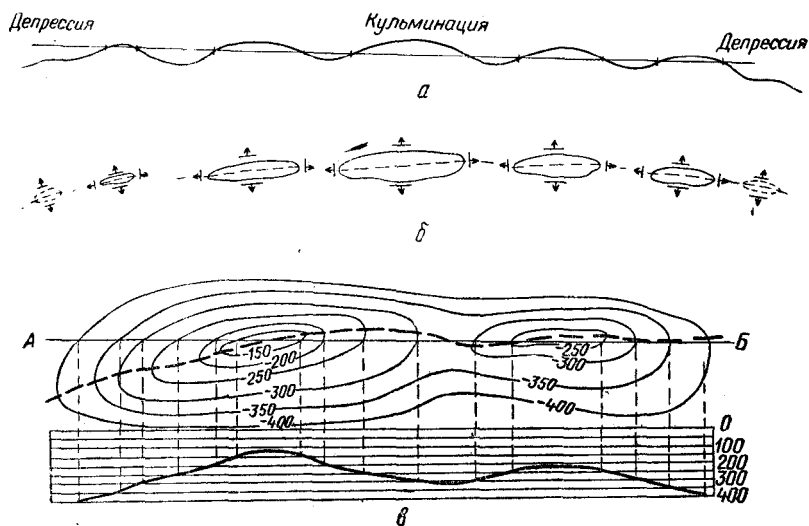
У правильных групп складок осевые поверхности обычно наклонены в одну сторону соответственно проявлению одностороннего давления, причем группа опрокинутых складок дает изокли-



нальную складчатость. Но иногда наблюдается и обратное падение этих поверхностей в связи с неоднородностью строения толщи отложений или вследствие последующих дополнительных движений.

В каждой складчатой зоне по ее простиранию наблюдаются одновременные или почти одновременные воздымания шарниров складок, именуемые *кульминациями* (приподниманиями) и *депрессиями* (погружениями) (фиг. 89).

Изображение и детализация складчатых нарушений при помощи структурных карт, как это видно из изложенного, имеют большое практическое значение.



Фиг. 89. Пространственное положение складчатой зоны в плане и разрезе. а — разрез; б — план; в — структура, осложненная на погружении второстепенным поднятием шарнира складки.

Однако практическая значимость их еще больше повышается при необходимости изображения структурных элементов складки, имеющей несколько (два-три) опорных (так называемых маркирующих) пласта, залегающих несогласно между собой.

Например, известно, что процессы образования и развития соляных куполов, платформенных структур происходили многофазно, в связи с чем они характеризуются изменением интенсивности складчатых форм на глубине, а в ряде случаев и смещением свода складки.

В таких условиях наблюдается изменение истинной и вертикальной мощностей отложений между поверхностями (кровлей или подошвой) этих маркирующих пластов, а часто имеет место и азимутальное несогласие между ними. В итоге изменяются не только углы падения, но и азимуты простирания и падения пластов.

Единственный способ изображения этих сложных пространственных взаимосвязей пластов между собой и каждого из них по

отношению к поверхности — это показ их на структурной карте. Принцип построения таких сложных структурных карт совершенно аналогичен описанному выше с той лишь разницей, что на карту наносят стратоизогипсы (или изолинии) двух опорных пластов или свит.

Этот способ заключается в том, что для построения карты подземного рельефа по глубоко залегающему основному горизонту при картировании выделяют в разрезе один или несколько пластов из числа верхних, доступных шурфовке или мелкому бурению. При этом используются все возможные к определению отметки пласта: отметки его в глубоких скважинах, шурфах, мелких скважинах, на выходах и т. д.

По этим данным строят структурную карту пласта, который условно можно назвать вспомогательным маркирующим. Затем составляют карту схождения, которая должна изобразить изменения в плане величины вертикального расстояния между основным горизонтом и вспомогательным — маркирующим. На фиг. 90 показано построение карты схождения по данным глубоких скважин, вскрывших два опорных пласта. На фиг. 90, а показано размещение скважин, причем мелкие скважины вскрыли только верхний пласт, а глубокие — оба пласта. По разрезам глубоких скважин определяют вертикальное расстояние между верхним и нижним маркирующими пластами и, применяя методы интерполяции, проводят *изохоры* (линии равных вертикальных расстояний), составляющие карту схождения, которая изображена на фиг. 90, б.

Полученную карту схождения, вычерченную на бумажной кальке, накладывают на структурную карту верхнего пласта (фиг. 90, в) и отмечают точки пересечения изолиний обеих карт.

Глубины залегания картируемого нижнего пласта в этих точках определяются в зависимости от расположения обоих пластов по отношению к нулевой поверхности, выбранной условно или совмещенной с уровнем моря (фиг. 90, д). Здесь возможны случаи, когда нулевая поверхность расположена над обоими пластами (1), или она проходит между верхним и нижним пластами (2), или, наконец, она располагается ниже их обоих (3).

Обозначим через *e* абсолютные отметки горизонталей вспомогательной структурной карты, *k* — отметки изолиний карты схождения, *n* — искомые отметки пласта в точках пересечения изолиний обеих карт.

Все перечисленные величины, как видно из графического построения, связаны между собой такими равенствами:

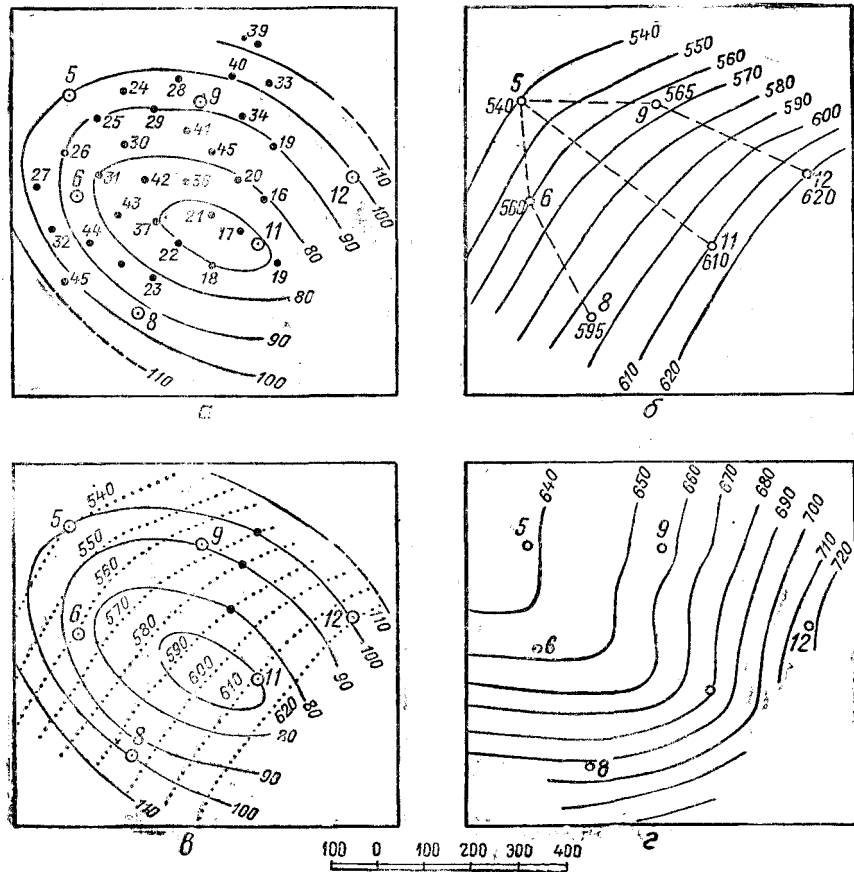
$$n = e + k \text{ (для случая 1);}$$

$$n = k - e \text{ (для случая 2);}$$

$$n = e - k \text{ (для случая 3).}$$

Определив значения глубинных отметок искомого пласта для значительного числа точек пересечения изолиний обеих предыдущих карт, на этой основе составляют структурную карту (фиг. 90, е).

При этом если изменения мощности стратиграфического интервала, разделяющего пласты, полностью отражены картой схождения и никакие другие формы (как, например, флексуобразные изгибы и др.) не проявляются, полученную структурную карту можно считать вполне достоверной и пригодной к практическому использованию.



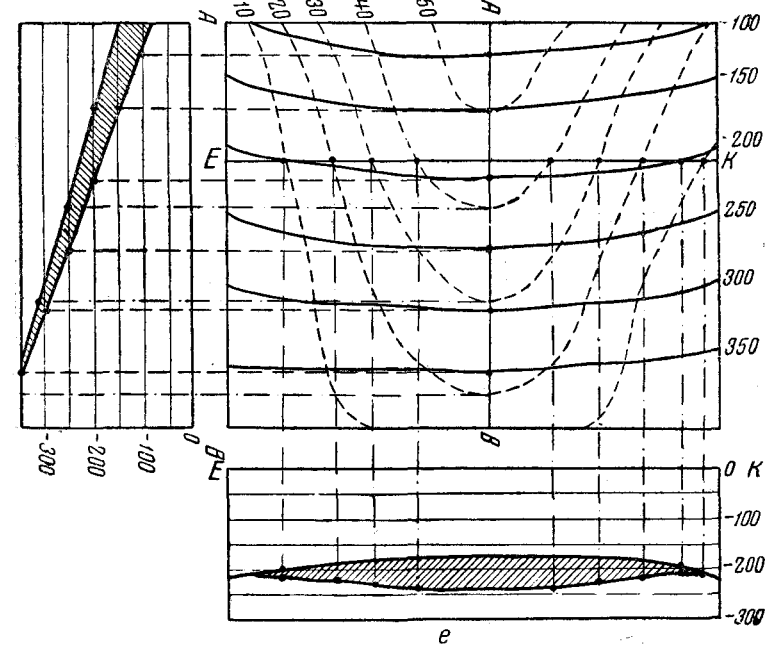
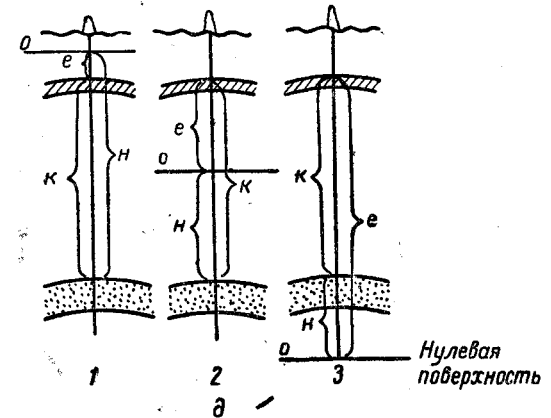
Фиг. 90. Построение структурной карты.

1 — структурные изолинии по кровле пласта; 2 — изопахиты пласта.

Иногда составляют унифицированную карту схождения — аналитическую карту изменения видимых мощностей тектонически нарушенного горизонта или свиты. Такие карты могут быть составлены в результате совместного построения структурных поверхностей (кровли и подошвы), ограничивающих снизу и сверху анализируемый пласт, горизонт или свиту.

Если вместо вертикального расстояния между пластами на структурной карте обозначается истинная мощность пласта или свиты, то тогда на карте обозначаются линии равных мощностей

(изопахиты) и карта называется картой и з о п а х и т. Для построения таких карт цифры истинной мощности надписываются у точек их наблюдения, нанесенных на обычный план. Интерпо-



ляцией между надписанными цифрами, осуществляемой в предположении, что между двумя наблюдаемыми количественными значениями мощностей осуществляется постепенный переход, находят промежуточные недостающие значения мощностей и по всем полу-

ченным точкам проводят линии равных мощностей. Карты изопакит нашли свое широкое применение при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений (особенно при поисках стратиграфических залежей, приуроченных часто к зонам выклинивания отдельных стратиграфических комплексов).

В обычных условиях, когда пласты или свиты их в пределах складки на значительной площади сохраняют постоянство своих мощностей, построение карты изопакит является излишним. В условиях платформенных структур, когда истинные мощности свит в пределах площади отдельных поднятий изменяются в значительных пределах (как, например, в районах Второго Баку), роль таких карт приобретает большое значение и они очень помогают в разрешении задач, связанных с изучением тектоники района. Для этого карты мощностей совмещают с обычными структурными картами; этим выявляется зависимость мощностей исследуемого объекта от структурных форм. Карта изопакит, совмещенная со структурной, приведена на фиг. 90, е; на профилейных разрезах показано изменение истинной мощности в пределах планшета. Эта мощность получена на основе проектирования точек пересечения линии профиля с изопакитами и отложена на разрезах вниз от кровли пласта.

#### Структурные карты эрозионных поверхностей

Большой практический интерес приобретают структурные карты, на которых отражены такие геологические процессы, как эрозионный размыв.

Известно, что если толщи осадочных образований были временно сушей и подвергались эрозии или поверхностному размыву, то дневная поверхность принимает очень сложную форму.

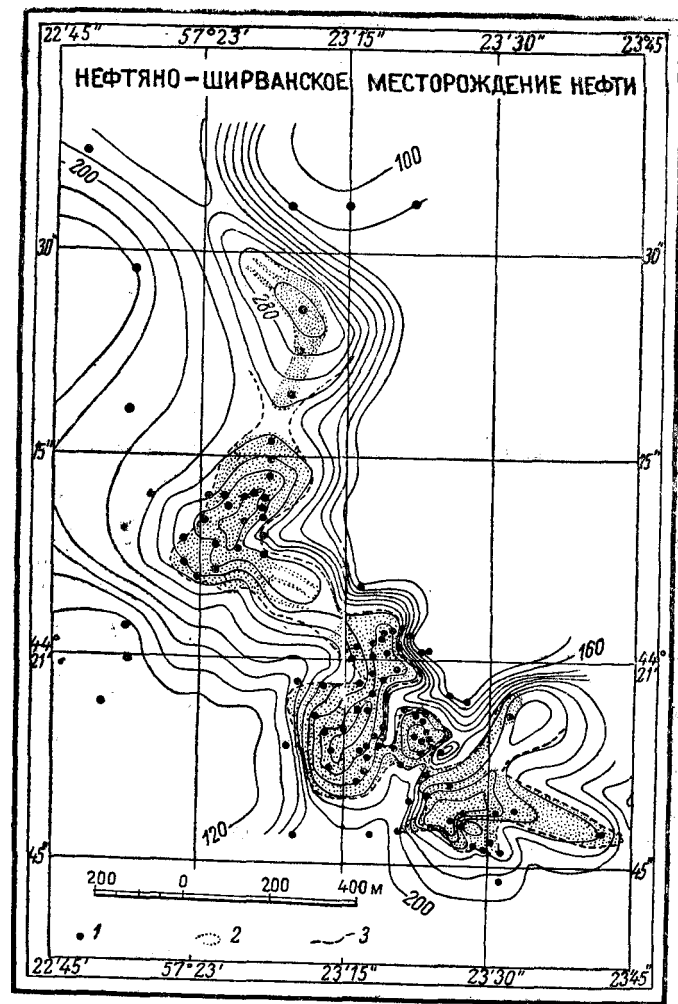
Поверхность разрушаемых эрозией толщ является объектом топографической съемки, но бывшая дневная поверхность, захороненная под последующими более новыми отложениями, является объектом работы геолога, составляющего структурные карты.

В практике структурного геологического картирования иногда приходится пользоваться наклонными структурными картами. Такие карты строят относительно плоскостей, наклоненных под определенным, заранее заданным углом к горизонтальной плоскости.

Пример графического изображения в подземных горизонтах эрозионной поверхности представляет структурная карта Нефтяно-Ширванского месторождения, впервые составленная акад. И. М. Губкиным.

На карте (фиг. 91) изображена в подземных изолиниях-горизонтальных поверхность размыва фораминиферовых слоев. Они не являются горизонталями в общепринятом смысле, так как отнесены к совершенно условной, наклоненной к горизонту плоскости. Условная плоскость проходит в лежачем боку песчаного пласта, находящегося в основании горизонта Ширванских колодцев. Положение этой плоскости относительно горизонта определяется по данным

глубины ее залегания в трех произвольно выбранных буровых скважинах. Каждая подземная горизонталь на карте И. М. Губкина лежит не в горизонтальной плоскости, а проведена в пло-



Фиг. 91. Структурная карта поверхности размыва в фораминиферовых слоях, составленная акад. И. М. Губкиным. 1 — буровые скважины; 2 — песчаные линзы, залегающие в руслообразном размыве; 3 — граница распространения залежи. Подземный рельеф изображен в линиях равной глубины залегания, отнесенных к условной нулевой поверхности, наклоненной к горизонту.

скости, наклоненной к горизонту под углом, равным углу наклона упомянутой выше плоскости (лежащий бок песчаного пласта в основании горизонта Ширванских колодцев). Если бы мы привели плоскость, принятую И. М. Губкиным за условный уровень,

в горизонтальное положение вместе со всеми выше и ниже лежащими пластами, то подземные изолинии-горизонталы на его карте превратились бы в обычные горизонталы, приведенные к горизонтальному уровню.

Подземные изолинии-горизонталы И. М. Губкина обрисовывают как бы часть русла, промытого в фораминиферовых слоях. В пределах карты восточная сторона изображенной формы размыва более крутая, западная — более пологая. Самое русло представляет ряд четкообразных, следующих друг за другом углублений дна русла, заполненных песчанистыми отложениями, содержащими легкую нефть.

Эти исключительно интересные как в научном, так и в чисто практическом отношении данные получены путем построения подземного рельефа.

#### Применение анализа мощностей и фаций для изучения складчатых структурных элементов

Для изучения структурных элементов и их пространственных форм большое практическое значение имеет анализ мощностей и фаций. По отношению отдельных геологических структур анализ мощностей проводят путем составления карт, показывающих распределение мощностей по площади для данного слоя или толщи, и диаграмм мощностей, показывающих изменение мощностей вдоль линии профиля. Иногда анализ мощностей дает возможность определять размах вертикальных движений земной коры, поскольку погружение земной коры в той или иной мере компенсируется накоплением осадков. Нам известно, что равновесия в природе не существует, но некоторое стремление к нему наблюдается. Примером этого может служить накопление значительных толщ осадков в прогибающихся бассейнах и незначительных — в поднимающихся. На этой основе можно считать с некоторой долей условности, что осадки, заполняя отрицательные участки рельефа, приводят к его нивелированию, и к концу каждого отдельного геологического века наблюдается почти горизонтальное залегание кровли отложившегося яруса или горизонта.

Это предположение, имеющее свое подтверждение на платформенных структурах, положено в основу построения профилей компенсации, исходным материалом для которого являются карты мощностей или результаты бурения опорных и разведочных скважин.

Техника построения их заключается в том, что от горизонтальной линии (фиг. 92, а), принимаемой условно за кровлю определенного стратиграфического яруса, откладывают вниз в масштабе (или с некоторым искажением за счет увеличения вертикального масштаба) мощности выбранной толщи. Полученные точки соединяют линией, соответствующей рельефу дна, на котором отлагались осадки толщи. Такой профиль в общих чертах повторяет палеорельеф того или иного времени.

В профилях компенсации не может быть учтен размыв, что является их существенным недостатком. Поэтому при обобщении результатов на основании профилей компенсации это обстоятельство надо иметь в виду.

Построенная серия профилей компенсации по какому-либо заранее выбранному направлению, один под другим в стратиграфической последовательности и в одном и том же масштабе позволяет проследить историю формирования структуры, неразрывно связанную с колебательными движениями.

Упомянутый метод весьма эффективен в применении к платформенным структурам, формирование которых протекает многофазно в процессе колебательных движений на отдельных участках платформ.

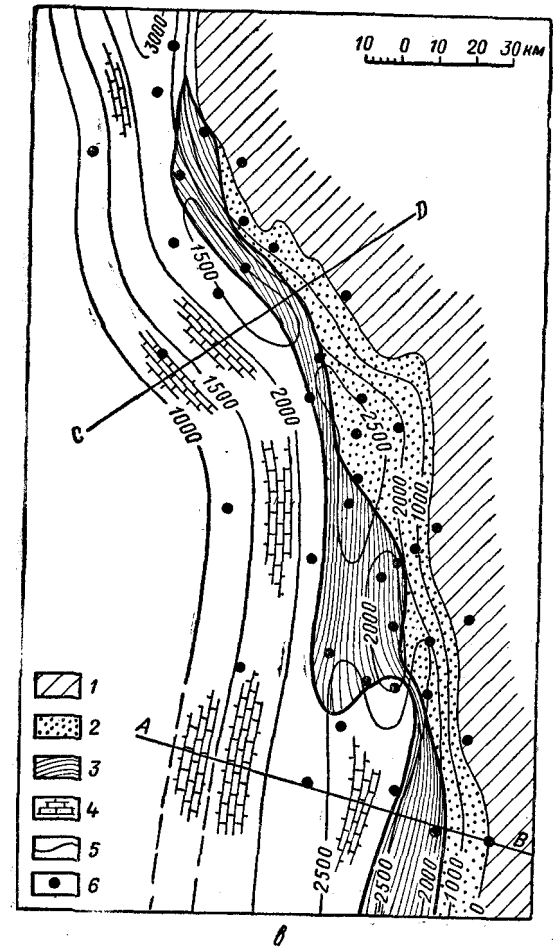
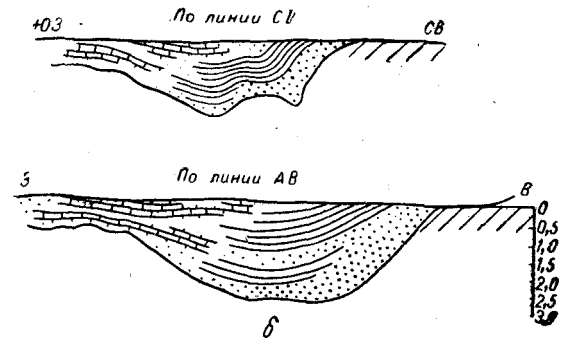
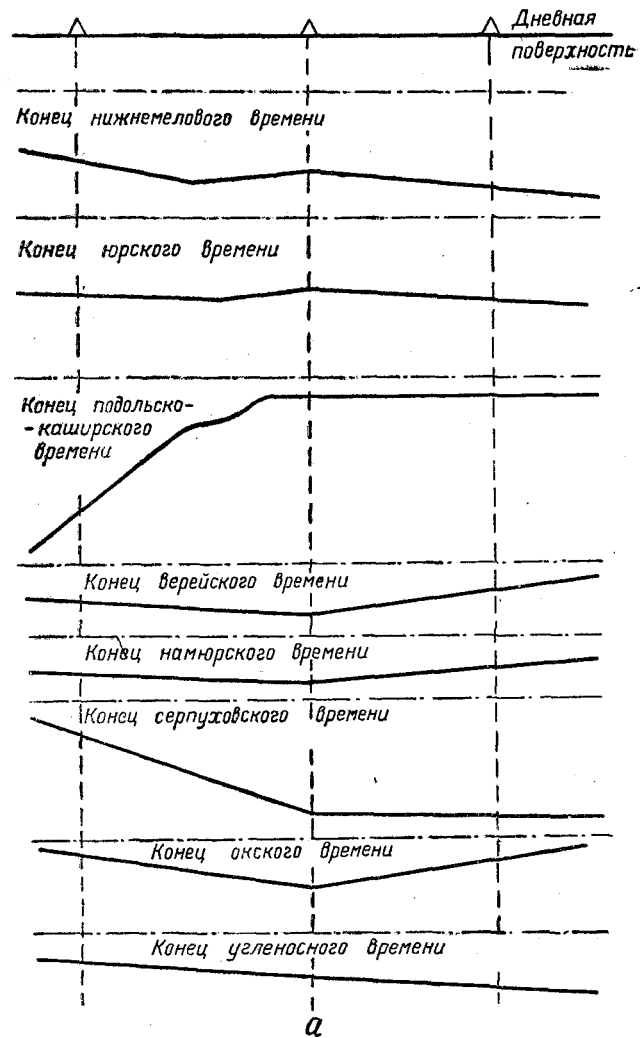
Метод анализа мощностей при тектонических построениях имеет первенствующее значение для решения вопросов о генезисе структур и характере тектонических движений. Полное соответствие между величиной прогибания и заполнения прогиба осадками наблюдается чаще всего для мелководных зон. Для прогибов в геосинклинальных областях и для эрозионных впадин мощности определялись не прогибанием, а заполнением этих впадин осадками.

При исследовании крупных структур и областей картину распределения мощностей необходимо дополнять фациальными данными ввиду значительности фациальных изменений, коренного их значения для выяснения особенностей развития структуры и взаимосвязи литологического состава слоев и их мощностей.

Составленные карты фаций для отдельных горизонтов, толщ и т. д. наносятся на карты мощностей; это дает возможность рассматривать мощности и фации (в природе тесно связанные друг с другом и отражающие единый геологический процесс) совместно, не отрывая их друг от друга.

Важно составить также фациальные профили, показывающие фациальные изменения для ряда последовательных горизонтов или толщ вдоль линии профиля. На фациальных профилях следует не только изображать фации, но и показывать мощности горизонтов. В тех случаях, когда профиль пересекает крупные геологические структуры, размеры которых того же порядка, что и ширина фациальных зон, на профиле могут быть изображены фации, мощность и структурные условия залегания слоев. Такой фациальный профиль позволяет судить о соотношении фаций и мощностей с геологическими структурами (фиг. 92, б).

Наряду с картами фаций целесообразно также составлять палеогеологические карты, которые являются геологическими картами отложений, образовавшихся до перерыва в осадконакоплении. На такую карту наносят слои с указанием их возраста, подстилающие в разных пунктах ту или иную регионально трансгрессивную свиту. Выходы древних образований указывают на зоны поднятий, молодые — отмечают зоны погружений.

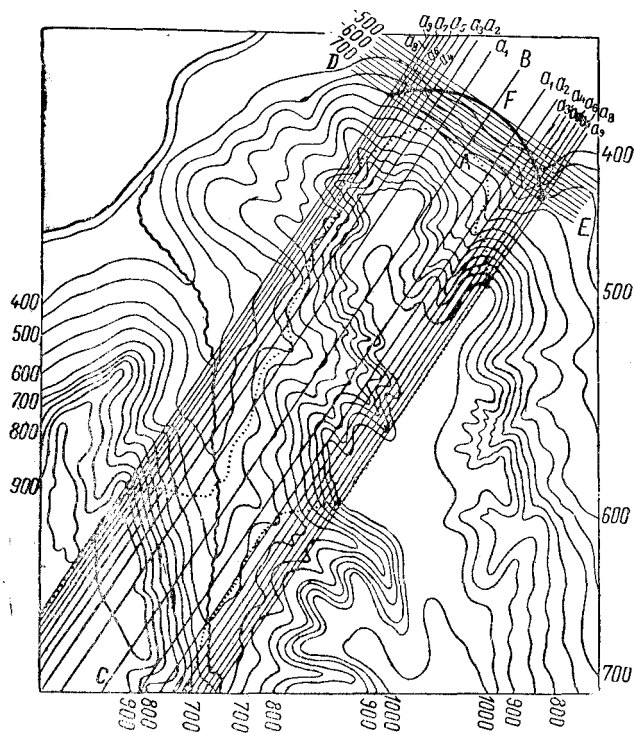


Фиг. 92. Профиль компенсации и фациальные профили.  
 а — профиль компенсации; б — фациальные профили, составленные на основе фациальной карты в; 1 — область отсутствия артинско-сагмарских отложений; 2 — грубый песчано-глинистый комплекс с мощными толщами конгломератов; 3 — песчано-глинистый комплекс с доломитами; 4 — глинистый комплекс с прослоями известняков; 5 — изолинии мощности артинско-сагмарских отложений; 6 — точки наблюдений (сважины).

### Построение выхода складки на поверхность

При геологических исследованиях часто приходится пользоваться построением выходов пластов на поверхность, методика которого изложена в главе IV.

В условиях развития складчатых форм аналогичные построения возможны, но более сложны. Представим, что в точке *A* (фиг. 93) выходит на поверхность самая нижняя точка (киль)



Фиг. 93. Построение выхода нормальной синклинальной складки на поверхность по маркирующему пласту

пласта, слагающего синклинали. Ширина синклинали в контуре данного пласта 2000 м, а наименьшая отметка по тому же пласту +500 м.

Требуется построить выход на поверхность пласта, сложенного в эту складку.

Через точку *A* проводим линию *BAC*, представляющую собой проекцию линии простирания синклинали на плоскость чертежа (ось синклинали), и затем через ту же точку *A* перпендикулярно к линии *BAC* проводим линию *DAE*. После этого на линии *DAE* строим вертикальное сечение синклинали таким образом, чтобы самая глубокая точка ее *F* как проекция точки *A* пришлась на

линии *BAC*. Расстояние *AF* делим на части, равные вертикальному расстоянию между горизонталями, т. е. в нашем случае на части в 50 м, и через полученные точки проводим линии, параллельные линии *DAE*, а из точек пересечения этих линий с сечением синклинали линии, параллельные линии *BAC*. Обозначим эти последние линии, считая от линии *BAC*, через  $a_1, a_2, a_3, a_4$  и т. д. (в данном примере  $a_1 = 550$  м,  $a_2 = 600$  м,  $a_3 = 650$  м и т. д.).

Исходя из приведенных выше оснований, отмечаем точки пересечения линий  $a_1$  с одноименной горизонталью, лежащей выше горизонтали точки *A* (в приведенном примере с горизонталью +550 м), линий  $a_2$  со следующей и т. д. Соединяя затем все эти точки между собой, получим истинную линию выхода нашей синклинали на поверхность.

Построение выхода на поверхность пласта, образующего антиклинальную складку, совершенно аналогично описанному построению выхода синклинали. Вся разница в построении состоит в том, что точка *A* представляет наиболее высокую точку антиклинали, вследствие чего следует отмечать пересечения линий  $a_1, a_2, a_3$  и т. д. с соответственными горизонталями ниже горизонтали, на которой лежит точка *A*.

Разобранные нами случаи дают возможность строить выходы на поверхности пластов, в какую бы систему складок они ни были изогнуты, если только шарниры антиклиналей или синклиналей горизонтальны.

Если шарнир ундулирует, надо разделить складку на элементы, в пределах которых положение шарнира может быть принято горизонтальным, и произвести для каждого элемента указанные выше построения.

### Изображение складчатых нарушений в вертикальном сечении

Геологическая и структурная карты обязательно должны дополняться одним-двумя геологическими разрезами. Они составляются обычно вкрест простирания пород, но могут быть и не перпендикулярными к простиранию пластов. При выборе линии геологического разреза необходимо считаться с имеющимся фактическим материалом. Надо учитывать то, что линии геологических профильных разрезов должны быть выбраны так, чтобы в них возможно полнее и точнее наблюдалась последовательность в залегании горных пород. При этом не обязательно, чтобы линия профиля на карте была прямой, — она может быть ломаной, но этого следует избегать.

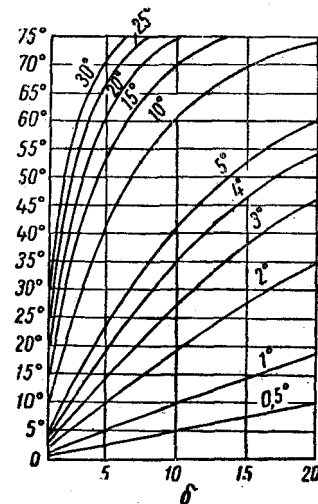
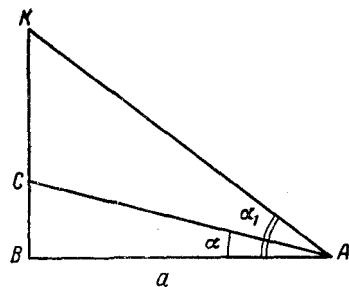
При весьма сложных формах складчатых нарушений невозможно все время сохранять линию разреза перпендикулярной простиранию, приходится учитывать преобладающее простирание, перпендикулярно которому и проводить разрез.

При несогласных залеганиях и различном простирании налегающих и подстилающих отложений разрез проводится вкрест простирания серии тех отложений, структуры которых желательно вы-

явить разрезом. Один такой разрез не дает достаточного представления о геологическом строении исследуемой площади, поэтому требуется составлять серию (не менее двух) разрезов вкрест простирания пород и затем путем последующего сопоставления характеризовать взаимосвязь этих комплексов отложений.

Профиль, на котором изображается геологический разрез, строят по горизонталям карты или по нивелировочным данным, причем вертикальный и горизонтальный масштабы берут обязательно одинаковыми.

В случаях очень пологих залежаний, при которых все же желательно по разрезам показать основные элементы тектоники от-



Фиг. 94. Изменение численной величины угла падения при увеличении вертикального масштаба.

*a* — графический способ; *b* — диаграмма искажения углов падения при увеличении вертикального масштаба в 5, 10, 15 и 20 раз по сравнению с горизонтальным. На оси абсцисс — увеличение вертикального масштаба. На оси ординат — углы падения, искаженные при изменениях в соотношении вертикального и горизонтального масштабов. Кривые — истинные углы падения (по Веберу).

ложений, а также при незначительной мощности последних допускается применение увеличенного вертикального масштаба. Углы падения при этом пересчитывают по соответствующим таблицам или диаграммам. При этом можно пользоваться и расчетными величинами, как это изложено ниже.

Допустим, что линия *CA* (фиг. 94, *a*) является проекцией плоскости пласта на вертикальную плоскость, проведенную вкрест простирания. Тогда угол *a* является углом падения. В прямоугольном треугольнике *BAC* катет *BC* отражает вертикальный масштаб, катет *BA* — горизонтальный. При увеличении вертикального масштаба в *n* раз получим треугольник *BAK*, где

$$BK = CBn. \quad (1)$$

Из треугольника *BAC*

$$CB = BA \operatorname{tg} a. \quad (2)$$

Из треугольника *BAK*

$$BK = BA \operatorname{tg} \alpha_1, \quad (3)$$

где  $\alpha_1$  — видимый угол падения пласта на профиле с искаженным масштабом.

Подставляя уравнение (3) в уравнение (1), получим

$$nCB = BA \operatorname{tg} \alpha_1 \quad (4)$$

или

$$CB = \frac{BA \operatorname{tg} \alpha_1}{n}. \quad (5)$$

Подставляя уравнение (5) в уравнение (2), получим

$$BA \operatorname{tg} a = \frac{BA \operatorname{tg} \alpha_1}{n} \quad (6)$$

и окончательно получим

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = n \operatorname{tg} a. \quad (7)$$

Если линия разреза не проходит перпендикулярно к простиранию, то на разрезах необходимо вносить поправку в углы падения согласно таблице поправок угла падения (приложение I).

Рассмотрение таких таблиц и диаграмм (фиг. 94, *b*) показывает, что при отклонении разреза от направления вкрест простирания, а также при изменении вертикального масштаба искажение угла падения на разрезе происходит не пропорционально. Так, например, истинный угол падения в  $2^\circ$  при увеличении вертикального масштаба в 5 раз дает в разрезе  $10^\circ$  (увеличение в 5 раз), при увеличении в 20 раз дает  $35^\circ$  (увеличение в 17,5 раз); угол падения в  $10^\circ$  при увеличении в 15 раз дает  $70^\circ$  (увеличение всего в 7 раз), а угол падения в  $85^\circ$  при увеличении в 5 раз дает всего  $89^\circ$ , т. е. почти незаметное искажение.

Необходимо иметь в виду, что на профилях с искаженным соотношением масштабов все измерения нужно производить только по вертикальному и горизонтальному направлениям, руководствуясь соответствующим масштабом.

При составлении геологических профилей по измерениям на поверхности геологу приходится прибегать к различным допущениям и предположениям об изменении углов падения с глубиной, о взаимосвязях различных свит между собой в недрах, изменении или постоянстве литологического и фациального состава и др.

Положительный эффект и быстрота поисков и разведки полезных ископаемых в большой степени зависят от точности геологических профилей, которыми мы располагаем, и в интересах разведки необходимо обеспечить наибольшую точность, какую только позволяют достигнуть современные методы и приемы. Особенную важность приобретает точное представление о строении недр при поисках и разведке нефтяных и газовых залежей.

Основным приемом при составлении геологических разрезов и профилей является построение граничных линий пластов и свит в тех случаях, когда предполагается сохранение мощностей пластов и свит.



**Изображение складок и их основных элементов в вертикальном сечении**  
(по М. В. Абрамовичу)

В изогнутых свитах граничные поверхности пластов представляют сложные кривые поверхности, а пересечение последних с плоскостью разреза — сложные кривые. Эти кривые можно представить в виде взаимно касательных дуг окружностей. В параллельной складке касательная в данной точке профиля изогнутого пласта параллельна падению, измеренному в пересечении с поверхностью земли нормалью, проведенной к касательной в точке касания; эта нормаль является радиусом окружности, которой заменяем кривую пласта, проведенным из центра окружности к точке касания.

Если на поверхности замеры углов падения вдоль разреза через крыло складки имеют углы падения постоянной величины, то слои и граничные их линии на профиле будут прямыми; если же углы падения меняются, то граничные линии кривые. Сложность формы будет зависеть от числа замеров не одинаковых углов падения, которые наблюдались в поле.

Рассмотренное выше (см. фиг. 65) построение наклоннолежащих пластов в вертикальном сечении является по своей сущности аналогичным для антиклинально изогнутых (выпуклых), для синклиналино изогнутых (вогнутых) и для случая меняющегося изгиба слоев (переходящих из вогнутых в выпуклые или наоборот).

Такие построения граничных поверхностей, используемые для изображения складчатых форм залегания слоев, имеют в структурной геологии весьма широкое применение и позволяют определять основные характерные черты и элементы складок (в вертикальном и горизонтальном сечениях). Однако надо помнить, что наиболее близкие к действительности схемы строения этих складок, при использовании таких графических построений, могут быть получены только в тех случаях, когда слои, участвующие в образовании складок, сохраняют свою относительно постоянную мощность, согласно залегание по отношению к другим слоям, а сами складчатые формы не осложнены различными равными нарушениями.

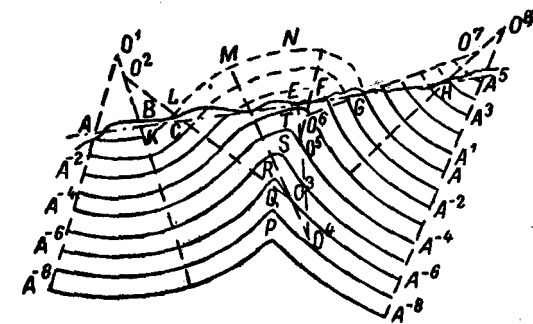
Изложенная схема графического метода построения с использованием отрезков дуг, заключенных между радиусами (см. фиг. 65, з), может быть заменена отрезками прямых, проведенных между нормальными, построенными к плоскостям напластования пород и т. д. Такой способ построения значительно искажает мощности отдельных пластов или свит, заключенных между нормальными, и придает построенному разрезу схематичный характер.

Можно указать еще некоторые другие методы изображения складчатых форм (складок) в вертикальном сечении, но все они как и выше рассмотренные страдают схематичностью.

Основная задача при использовании графических методов построения заключается в составлении наиболее вероятного, приближающегося к действительному пространственного изображения

складчатых форм на основе детального геологического изучения разрезов обнажений при полевых съемочных работах.

Обратимся к построению геологического разреза антиклинальной складки по измерениям падения в девяти выходах. Для простоты изложения проведем на профиле следы не тех пластов, выходы которых на поверхность наблюдаем, а пластов, отстоящих на равном расстоянии один от другого. При составлении разреза для конкретных условий берут определенные пласты, расстояния между которыми известны по измерениям между выходами их, и продолжим это построение на большую глубину. При условии



Фиг. 95. Построение геологического разреза антиклинальной складки по измерениям падения пластов в обнажениях.

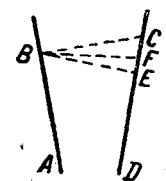
сохранения параллельности складки от такой замены точность не страдает, а наглядность значительно выигрывает.

Имеем девять замеров падения пластов, наблюдаемых вкrest простираний антиклинали (фиг. 95). Проводим нормали к выходам пластов на поверхность, которые, пересекаясь последовательно, определяют положение центров дуг от  $O^1$  до  $O^8$ . Кровля свиты пластов выходит на поверхность в точке А. Построим след этого пласта из центра  $O^1$  радиусом  $O^1A$ , опишем дугу  $AK$ , а из центра  $O^2$  радиусом  $O^2K$  — дугу  $K^1$  и т. д. То же построение повторим для ряда пластов, залегающих по условиям на равном расстоянии выше и ниже А. Обозначим эти горизонты: вверх от А —  $A^1$ ,  $A^3$  и т. д., вниз —  $A^{-2}$ ,  $A^{-4}$  и т. д. При этом построении центры  $O^5$  и  $O^6$  приходятся между пластами  $A^{-3}$  и  $A^{-4}$ , поэтому для  $A^{-4}$  и для всех пластов, ниже его лежащих, дуги, описанные из центров  $O^5$  и  $O^6$ , выпадают и эти слои образуют у свода складки не плавный изгиб, а излом. Характерно, что некоторые пласты образуют вогнутые изгибы на обоих крыльях складки, другие ( $A^{-5}$  и выпележащие) — вогнутые изгибы на одном крыле и выпуклые, переходящие к своду в выпуклые, на другом крыле.

Как видно из чертежа, в каждой антиклинали на некоторой глубине вершина складки определяется пересечением двух вогнутых дуг и оба крыла антиклинали становятся вогнутыми. Если

соединить кривой линией точки  $P, Q, R, S$  и  $T$  — точки изгиба пластов  $A^{-4}$  до  $A^{-8}$ , то получим на профиле след осевой поверхности складки.

При выполнении построения профилей для конкретных условий, взятых из природы, часто сталкиваются с таким обстоятельством. Если разница в углах падения двух соседних обнажений незначительна, то нормали к линиям падения пересекаются далеко, центры дуг получаются вне чертежа и при желании получить центр на самом чертеже пришлось бы очень уменьшить масштаб (что, конечно, отражается неблагоприятно на точности построения). В этих случаях построение дуги из центра можно заменить приближенным построением по двум точкам; так как дуги при этом очень пологи, иногда мало отличаются от прямых, то такое приближенное построение допустимо.



Фиг. 96. Приближенное нахождение центра дуги по двум точкам.

Имеем нормали  $AB$  и  $CD$ , пересечение которых находится вне чертежа (фиг. 96). Точка  $B$  на нормали  $AB$  лежит на дуге круга, центр которой неизвестен, но требуется найти точку пересечения дуги с нормалью  $CD$ . Для этого проводим из  $B$  перпендикуляры к  $CD$  и  $AB$  и биссектрису угла  $CBE$ ; пересечение ее с  $CD$  определяет положение точки  $F$ , которая и является центром для построения.

При изучении складчатых форм геологу приходится учитывать все фактические данные, характеризующие условия залегания пород, прослеживаемых на поверхности, и, пользуясь графическими методами, изображать складчатые нарушения.

#### Построение осевой поверхности складок

При поисковых съемках на нефть важно правильное определение положения осевой поверхности складок.

Первым условием для этого является правильное изображение строения складки на профиле. Для параллельных складок это условие может быть выполнено в точности; там, где параллельность нарушается в результате выжатия и т. п., в профиль вносится некоторая неопределенность. Однако условия, которые определяют положение осевой поверхности в параллельных складках, имеют много общего с теми же условиями для складок с нарушенной параллельностью, и подробное изучение осевых поверхностей в параллельных складках очень важно.

Для построения осевой поверхности складки надо учитывать все замеры элементов залегания пластов как непосредственно у свода, так и на крыльях.

**Примеры 1.** Построим след осевой поверхности на профиле параллельной асимметричной складки. Наблюдаем на поверхности пласт (фиг. 97), образующий складку, которая составлена из дуг с центрами  $O^1, O^2, O^3, O^4, O^5$  и  $O^6$ . Построим вертикальный профиль этого пласта и ряда залегающих ниже, отложив соответствующие мощности на радиусах  $O^1A$

и  $O^6B$ , и обозначим эти пласты  $a^{-1}, a^{-2}$  и т. д. При этом построении центры  $O^4, O^3, O^2$  и  $O^5$  последовательно отпадают, центр  $O^4$  отпадает для слоев, залегающих ниже  $O^4$  (между  $a^{-3}$  и  $a^{-4}$ ), центр  $O^3$  для пластов ниже  $C$  и т. д. След осевой поверхности на профиле может быть построен путем соединения плавной кривой изгибов (вершин) отдельных пластов.

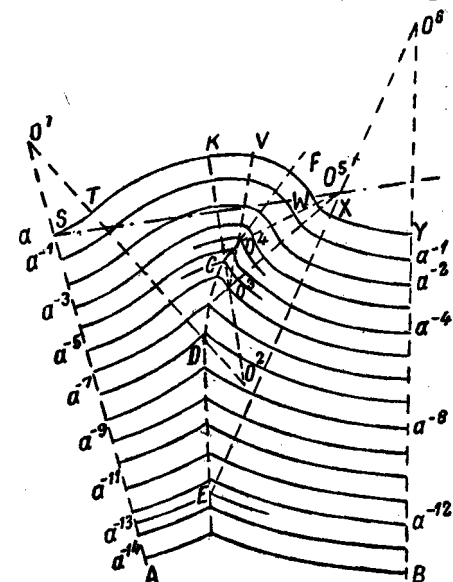
Идя от  $O^4$  вниз, заметим, что точки, определяющие выпадение из профиля того или иного центра, совпадают с пересечением следа осевой поверхности с радиусами соответствующих дуг. Так, радиус  $O^2O^3$  пересекается со следом осевой поверхности в точке  $C$ , и ниже этой точки дуга, описанная из  $O^3$ , не участвует более в дальнейшем построении профиля (центр  $O^3$  отпадает).

От  $O^4$  до  $C$  след осевой поверхности, как это следует по построению, есть геометрическое место точек, равноотстоящих от дуг  $KV$  (выпуклой) и  $WX$  (вогнутой); от  $C$  до  $D$  — геометрическое место точек, равноотстоящих от дуг  $TV$  (выпуклой) и  $WX$  (вогнутой), от  $D$  до  $E$  — место точек, равноотстоящих от дуг  $ST$  (вогнутой) и  $WX$  (вогнутой), наконец, ниже  $E$  — место точек, равноотстоящих от дуг  $ST$  (вогнутой) и  $XU$  (вогнутой); выше  $O^4$  след осевой поверхности есть место точек, равноотстоящих от дуг  $VF$  и  $FW$ , описанных из одного центра, т. е. биссектриса угла  $WO^4V$ . В этой части след осевой поверхности — прямая линия. Ниже везде этот след составлен из кривых.

Построение осевой поверхности в складках с выжатым средним крылом, т. е. когда пласты, изогнутые в складку, не сохраняют параллельности и складка не является параллельной, представляется более сложным (фиг. 98). По измерениям углов падения пластов на поверхности находим центры дуг  $O^1, O^2$  и  $O^4$ , определяющих пологое крыло и прилегающую синклинали и соответствующие этим дугам радиусы.

Нам известно, что вдоль радиуса  $O^4B$  утонения не должно быть и что пласты  $a^{-1}, a, a^1, a^2, a^3$  и  $a^4$  протягиваются по всей складке (по обнажениям их в разрезе среднего крыла). Профили этих пластов можно построить для пологого крыла до свода, а пласты, залегающие ниже, можно также показать, исходя из их параллельности. При построении надо соединить профили пластов в недрах с выходами их на поверхность по наиболее вероятным кривым. При таком построении могут иметь место два допущения: 1) степень сжатия имеет наибольшую величину в центре крыла (следовательно, расстояния между горизонтами возрастают к пологому крылу и к синклинали) и 2) эта степень одинакова в обоих направлениях от центра среднего крыла. Обозначим расстояние между  $a$  и  $a^1$  через 1, между  $a^1$  и  $a^2$  через 2 и т. д. Тогда по первому условию  $1 < 2 < 3 < 4$ , а по второму — расстояние от  $a$  до  $a^{-1}$  будет также 1; от  $a^{-1}$  до  $a^{-2}$  — 2 и т. д.

Таким путем получим ряд точек профиля и, применяя известные способы построения, можем показать в вертикальном сечении пространственное положение складки, которую уточняем при помощи бурения скважины. След осевой плоскости для антиклинальной складки ниже горизонта  $a^{-1}$



Фиг. 97. Построение осевой поверхности асимметричной складки.

определяется перегибами слоев, а в верхней части по биссектрисе  $O^4O$ .

Допущения, которые сделаны выше при построении профиля, нельзя принять безоговорочно. Если обнажения среднего крыла на поверхности дают основание принять такие допущения, вопрос решается легко. Но чаще надо ожидать, что или недостаток обнажений на среднем крыле вообще не позволит решить определенно этот вопрос, или же по данным этих обнажений изменение мощностей отдельных свит в сжатом крыле далеко не будет отвечать той правильности, какую предполагают эти допущения. Изменение мощностей свит при сжатии и растяжении зависит от ряда причин, в том числе от физических свойств различных свит (плотности, пористости и т. п.).

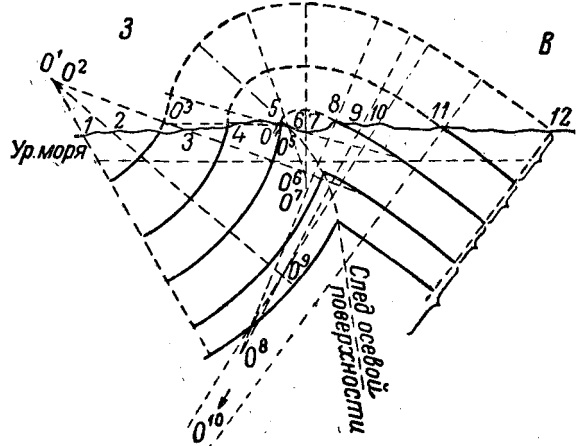
2. Для построения профиля складки вкрест простирания были использованы данные ряда обнажений (обозначенных на профиле фиг. 99 номерами 1—12), в которых получены фактические данные замеров элементов залегания пластов.

Фиг. 98. Построение осевой поверхности в складке с выжатым средним крылом.

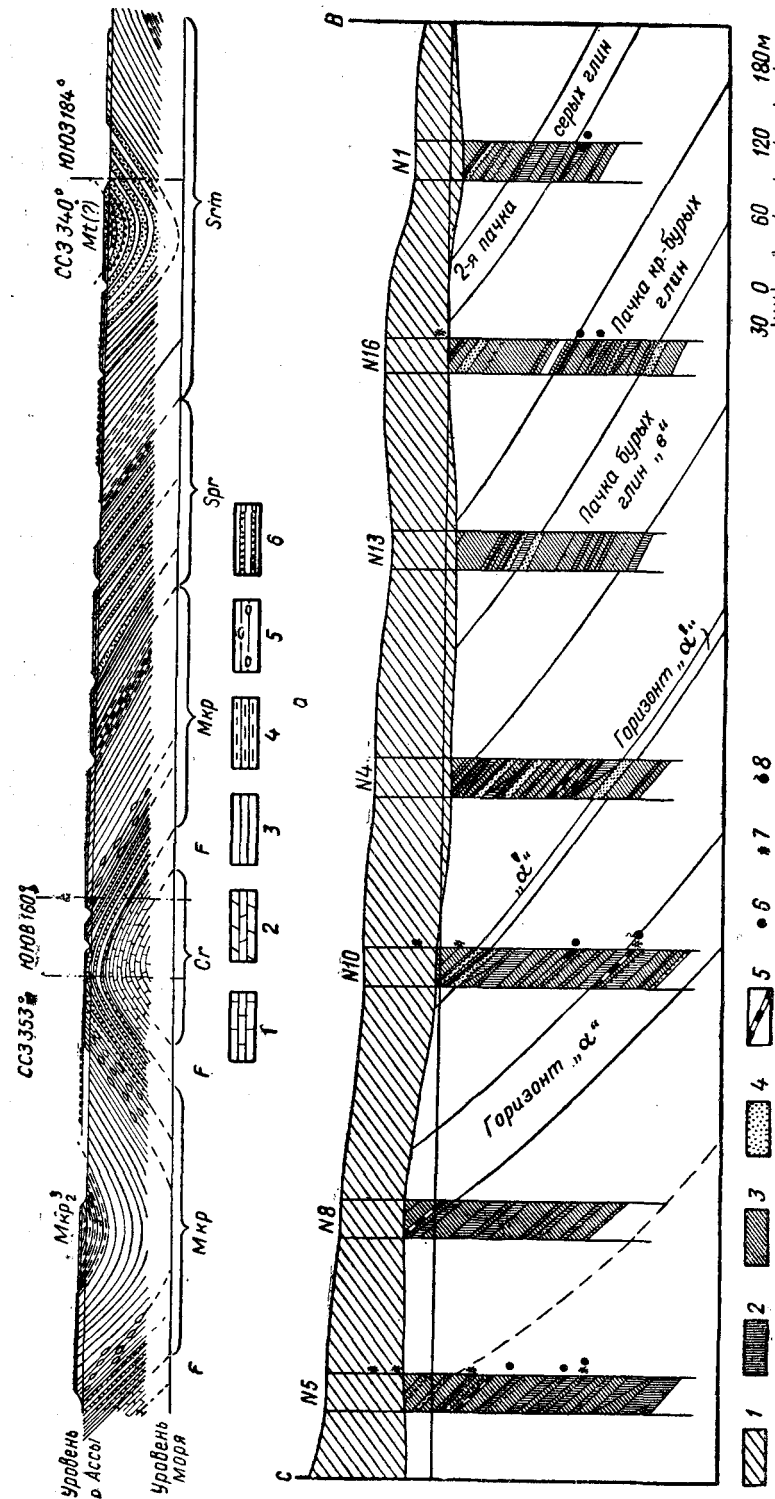
След осевой поверхности на профиле составлен из взаимно касающихся дуг эллипсов и, наконец, из параболы с фокусом  $O^1$ .

Широко используя методы графических построений геологических профилей и разрезов в структурной геологии, можно определять основные структурные элементы складчатых нарушений с выяснением в отдельных случаях даже причин их возникновения. Профильные геологические разрезы дают возможность составить непрерывный литологостратиграфический разрез всех обнажений и изобразить в зависимости от масштаба основные структурные элементы изучаемого района.

Примеры таких геологических разрезов приведены на фиг. 100, а и б. На последней показан геологический профиль, построенный по данным бурения колонковых скважин с учетом замеров углов падения по породам, извлеченным при бурении (по ориентированным кернам). Этот метод картирования в районах с наличием мощного наносного покрова



Фиг. 99. Пример построения геологического разреза антиклинальной складки по результатам изучения обнажений.



Фиг. 100. Профильные геологические разрезы со стратиграфическим расчленением отложений, построенные по заданному направлению (азимуты указаны вверху).

а — профиль по данным геологической съемки: 1 — известняки, 2 — доломиты, 3 — глины, 4 — глины с прослоями мергелей, 5 — глины с линзами мергелей, 6 — череповые глины с песчаниками, б — геологический профильный разрез, построенный вкрест простирания пород по результатам бурения колонковых скважин с учетом элементов тектоники (замеров углов падения по кернам) и литологической последовательности отложений: 1 — сопочная брекчия, 2 — глины бурые, 3 — глины серые, 4 — пески, 5 — песчаники, 6 — известняки, 7 — вапак нефти, 8 — газ.

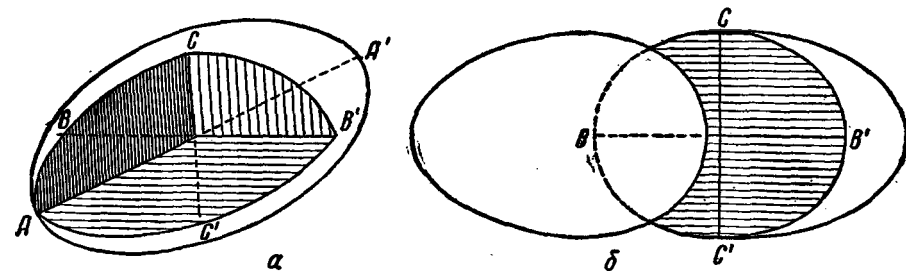
является единственно возможным. Ориентировать керны можно двумя способами: или керн из скважин ручного либо колонкового бурения извлекают на ориентированных штангах или при отборе образцов пород измеряются только углы падения по плоскостям наложения, а направление падения ориентируется по замерам тех отложений, которые выходят на дневную поверхность. Второй способ дает не полные сведения, так как направление падения здесь принимается условным — по падению пород, выходящих на поверхность, однако благодаря своей простоте он наиболее распространен. В скважинах колонковых и глубоких возможно определение элементов залегания пласта электрическими методами при помощи специального прибора—пандажимера.

## Глава VI

### РАЗРЫВЫ

#### § 1. Общие понятия

При изучении процессов складкообразования отмечалось, что горные породы вначале подвергаются упругой и пластической деформации и, если процесс деформации продолжается, порода претерпевает разрывные нарушения и, наконец, разрушается. Ориентировка плоскостей разрыва, возникающего при этом, зависит от характера внешних сил, температуры, давления и состава породы.



Фиг. 101. Эллипсоид деформации.

$a$  — основные элементы деформации;  $AA'$  — большая ось;  $BB'$  — средняя ось;  $CC'$  — малая ось;  $b$  — трещины растяжения, образующиеся перпендикулярно к большой оси деформации.

Явления деформации горных пород наиболее удобно наблюдать на примере шара (сферы), состоящего из породы, который подвергаясь неодинаковому давлению, развивающемуся в земной коре, будет изменять свою форму.

При простом сжатии, например в вертикальном направлении, такая сфера изменяется в сплюснутый сфероид, который под влиянием дальнейшего растяжения или сжатия может быть деформирован в эллипсоид деформации (фиг. 101). Для последнего характерны различные размеры осей, соотношение которых между собой выражается неравенством  $AA' \neq BB' \neq CC'$ .

Представление об эллипсоиде деформации широко используется в структурной геологии, особенно при изучении разрывов. Последние могут быть разделены на трещины растяжения,

образующиеся в результате действия сил, стремящихся растянуть горную породу (пласт) и трещины скалывания, образующиеся при сжатии породы.

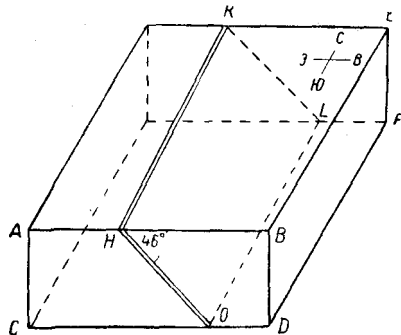
Если возникают трещины растяжения, они будут параллельны плоскости, проходящей через наименьшую и среднюю оси эллипсоида деформации, и расположены под прямым углом к наибольшей оси эллипсоида деформации.

Трещины сжатия будут располагаться параллельно наибольшей оси деформации и перпендикулярно плоскости, проходящей через наименьшую и среднюю оси эллипсоида деформации.

Разрывные деформации горных пород в земной коре представлены трещинами, разрывами с перемещением и различного рода сланцеватостью, представляющей собой способность пород раскалываться вдоль параллельных поверхностей вторичного происхождения.

## § 2. Трещины

Обнажающиеся породы земной коры весьма часто рассечены трещинами. Трещины могут быть определены как разрывные поверхности в породах, по которым не происходило видимых перемещений.

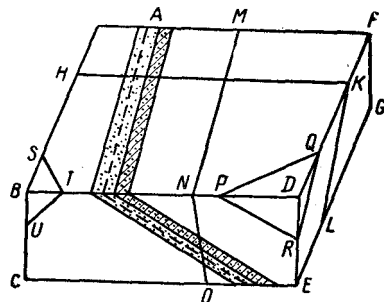


Фиг. 102. Пространственное расположение трещин.

Плоскость  $ABDC$  — вертикальная трещина, простирающаяся с запада на восток; плоскость  $BDPE$  — вертикальная трещина; плоскость  $HKLO$  — наклонная трещина, простирающаяся с севера на юг и падающая на восток под углом  $46^\circ$ .

Трещины могут иметь различное положение: вертикальное, горизонтальное и наклонное. Падение и простирание трещин можно замерять так же, как падение и простирание пластов.

Простирание трещин есть направление горизонтальной линии, прослеживаемой на поверхности трещины; падение замеряется в вертикальной плоскости под прямым углом к простиранию трещины как угол между горизонтальной плоскостью и плоскостью трещины (фиг. 102).



Фиг. 103. Геометрическая классификация трещин.

$A$  — напластование пород;  $BCED$  и  $HKL$  — нормально секущие трещины;  $DEGF$  и  $MNO$  — согласные;  $PQR$  и  $STV$  — диагональные; пунктирная линия — трещина напластования.

Трещины различны по размеру. Некоторые из них имеют лишь несколько метров длины, другие же могут прослеживаться на сотни метров по простиранию и по падению. В горных районах можно наблюдать трещины, которые прослеживаются по длине на сотни или тысячи метров.

Трещины по условиям своего образования никогда не встречаются по одной и наблюдаются в виде целой группы их. Расстояние между ними может быть равно сотням метров или лишь несколькими сантиметрам.

### Классификация трещин

Трещины могут быть классифицированы по геометрическому и генетическому принципу. Геометрическая классификация строго описательная и применяется сравнительно часто, но она не дает представления о происхождении трещин. Генетическая классификация более рациональна, но ее не всегда можно применять.

В геометрической классификации трещины подразделяются на основанные положения относительно напластования или других структурных форм в пластах, которые они пересекают (фиг. 103). **Согласные трещины** — это трещины, которые параллельны или примерно параллельны простиранию пласта. **Трещины нормально секущие** простираются параллельно или примерно параллельно направлению падения напластования или сланцеватости. **Секущие или диагональные трещины** простираются в направлении, лежащем между направлениями простирания и падения пород. **Трещины напластования** параллельны напластованию осадочных пород.

Серия трещин состоит из группы более или менее параллельных трещин. Система трещин состоит из двух или более серий трещин или из нескольких групп трещин с характерным пространственным размещением.

Генетическая классификация трещин основана на различных принципах. Так, например, на основе анализа общей деформации при складкообразовании могут быть трещины: а) подчиненные общему плану деформации при складкообразовании; б) непосредственно связанные с процессом образования складки; в) не связанные с процессом складкообразования и возникшие впоследствии.

На основе морфологических элементов образования трещин в зависимости от их масштаба и генетической связи с теми или иными тектоническими движениями выделяются следующие формы:

а) **трещины скалывания** — прямолинейные в плане и разрезе, хорошо выдерживающиеся на значительном протяжении;

б) **трещины разрыва** (растяжения) — быстро выклинивающиеся и поэтому редко прослеживающиеся на сравнительно большом расстоянии.

Не всегда удается отличить трещины растяжения, которые образуются перпендикулярно направлениям сил, стремящихся растащить породу на части, от трещин скалывания, которые обу-

словлены силами, стремящимися сдвинуть одну часть породы относительно другой. Трещины растяжения, получаемые в результате уменьшения объема пород, распознаются наиболее легко.

Приведенная классификация трещин не является исчерпывающей и полностью охватывающей этот вид движений. Необходимо отметить еще один вид трещиноватости — **р а с с л о е н н о с т ь**.

Эта форма проявления разрывных нарушений, подобных трещиноватости, часто наблюдается в горных выработках. Поверхности расслоенности искривлены и в общем параллельны поверхности рельефа. Вблизи поверхности земли эти трещины весьма сближены, и во многих местах расстояние между ними измеряется в сантиметрах.

По генетическому признаку трещиноватость можно представить в виде нескольких типов.

**А. Тектонические трещины** — глубокие, секущие целую серию напластований, сопровождающиеся довольно часто взаимным смещением краев, т. е. переходящие в сбросы. Такие трещины могут быть заполнены брекчиями трения, иногда вторичными минеральными образованиями; они также могут служить путями движения восходящих минеральных или термальных источников.

**Б. Трещины**, обязанные также тектоническим процессам, **р а с с е к а ю щ и е** породу на отдельные и образовавшиеся за счет сжатия или растяжения, иногда скручивания. При горизонтальном сжатии породы обыкновенно образуются три системы трещин: две диагональные к направлению сжатия, подобно тому, как образуются диагональные плоскости скалывания у кубика из бетона или кристалла (например, гипса), испытываемого на раздавливание, и третья — пересекающая первые две или горизонтальная, особенно хорошо проявляющаяся при наличии слоистости в осадочных породах.

Трещины сжатия и растяжения отличаются по характеру поверхности. У трещин сжатия, вызванных скалыванием при боковом давлении, поверхности являются более ровными, иногда со следами борозд или штрихов, если скалывание сопровождалось некоторым смещением. У трещин растяжения (разрыва) поверхность обыкновенно неровная, иногда разорванная.

**В. Трещины**, вызванные сжатием при остывании с одновременным боковым давлением на интрузию.

**Г. Трещины**, вызванные сжатием лавовых пород при их остывании из расплавленного состояния, например трещины в базальтовой лаве, образующие пяти- и шестиугольные столбчатые отдельности породы.

**Д. Трещины**, вызванные местными напряжениями не тектонического характера. Они проявляются от неравномерности напряжений, испытываемых породой при нагрузках и разгрузках, например при надвигании и обратном движении ледника.

**Е. Трещины выветривания**, образующиеся в породе под воздействием солнечных лучей, смены температур, высыхания породы. Глубина трещиноватой зоны и степень трещиноватости зависят от характера породы, условий и длительности процесса выветривания.

Явления трещиноватости необходимо рассматривать также по интенсивности проявления и площади распространения (табл. 9).

Обобщая все исследования по изучению трещиноватости горных пород, необходимо выделять все важнейшие факторы, которые дали бы возможность изучить геометрическую форму, механику образования трещин и источник возникновения их, т. е. генезис.

Роль и значение трещин при образовании полезных ископаемых весьма значительна.

Известно, например, что такие крупнейшие рудные месторождения, как алтайские полиметаллические и ряд других, связаны со сбросовыми трещинами. Ряд озокеритовых месторождений Западной Украины, асфальтиты в нефтяных районах Второго Баку также приурочены к трещинам. Отсюда естественно, что правильное установление глубин трещин, форм и размеров их имеет весьма важное значение в решении не только генетических процессов, но и практических, связанных с оценкой месторождений полезных ископаемых.

#### Методы изучения трещин в горных породах

При геологической съемке тех площадей, где имеют развитие интенсивные проявления тектоники, требуется особенное внимание обратить на выявление всех нарушений, связанных с трещиноватостью.

Прослеживая нарушения, которые резко отличаются от разрывных нарушений, необходимо особенно детально отмечать все изменения элементов их залегания и определять характер и направление перемещений пород, если последние наблюдаются.

Изучение трещин в полевых условиях для разрешения основных тектонических задач представляется особенно важным и существенным.

Наиболее простой способ такого изучения — это регистрация частоты трещин, о которой судят по количеству трещин на одну квадратную единицу площади при съемке или по числу трещин, пересекаемых буровой скважиной, на метр проходки скважины.

При изучении трещин в обнажениях после общего осмотра их выбираются один-два характерных участка протяжением 10—15 м. Весьма желательно, чтобы эти участки были различно ориентированы во избежание искажающего влияния ориентировки. По каждому участку отмечают: ориентировку его в целом и описываемых стенок в отдельности; стратиграфо-литологическое описание разреза с указанием мощности отдельных слоев; общий характер трещиноватости. Описание характера трещиноватости надо проводить в порядке основных наблюдений, намеченных при общем осмотре

Трещиноватость и формы ее проявления

Класс трещиноватости	Типы трещиноватостей		Генезис трещин и их распространение
	хронологический	генетический	
Региональная трещиноватость	Секущая — пересекающая пласты или массивы различных по составу, генезису и возрасту пород	Тектоническая	Тектонические трещины (трещины скольжения и трещины разрывов) имеют вертикальное или близкое к вертикальному положение, заглубляют на сравнительно небольшой глубине (100—150 м). Трещины интрузивных массивов
	Пластовая — приуроченная к пластам или массивам пород определенного состава и генезиса	Диагенетическая (трещины охлаждения, высыхания, напластования и пр.)	Трещины напластования при диагенезе осадков при химических превращениях и охлажденных изверженных пород
	Поверхностная — развитая в зоне выветривания	Трещины выветривания	Трещины выветривания на поверхности пород, прилегающих к алювиальным, делювиальным и алювиальными отложениями. Глубина их развития 30—50 м
	Секущая — пересекающая пласты или массивы по составу, генезису и возрасту пород	Тектоническая — разрывные нарушения	Трещины и трещиноватые зоны разрывных нарушений среди осадочных и метаморфических отложений
	Пластовая — приуроченная к пластам и зонам разрывных нарушений	Трещины различного генезиса (карстовые и др.)	Карстовые трещины развиваются вдоль тальвегов речных долин, вдоль зон тектонических нарушений и др.
	Поверхностная — приуроченная к склонам речных долин, оврагов, озер, морских побережий	Трещины оползней, откосов, трещины выветривания	Трещины, образующиеся под действием силы тяжести в осадочных отложениях
Локальная трещиноватость			

обнажения. Сначала описываются все трещины одного, затем другого направления, причем если имеются различно ориентированные стенки (на небольшом участке), то различные направления описывают по тем стенкам (или поверхностям обнажения), где относящиеся к ним трещины выражены более четко и резко, т. е. по стенкам, ориентированным по возможности поперек к этим направлениям.

Трещины каждого направления последовательно нумеруют и отмечают следующие данные:

- 1) номер трещины, расстояния ее от предыдущей и до последующей, азимуты ее простирания и падения и угол падения плоскости трещины; запись азимутов простирания трещин в целях удобства обработки дается лишь в значениях северной половины окружности, т. е. только в интервале 270—360° и 0—90°;
- 2) выдержанность трещины по направлению и по поверхности обнажения; ее длина, ветвление;
- 3) ширина трещины;
- 4) зияние трещины и характеристика материала, заполняющего трещину;
- 5) характер поверхности стенок трещины (гладкие, ровные, бугристые, шероховатые, следы скольжения);
- 6) характер выветривания стенок трещины (налеты, примазка);
- 7) общая густота трещин данного направления (отношение числа трещин к длине описываемого участка).

В заключении описания данного участка дается сводная предварительная характеристика его трещиноватости (густота, характер стенок и заполнения трещин и др.).

По наиболее характерным трещинам отбирают образцы пород со следами проявления трещиноватости (так называемые ориентированные образцы) для микроскопического изучения.

В случае изучения трещин по поверхностным обнажениям и расчисткам (при отсутствии различных ориентированных поверхностей или стенок) применяют упрощенную методику в части описания трещин и в выборе их. Для каждой трещины отмечают лишь ее простирание; другие же характеристики, как ширина трещин, их выдержанность, характер стенок и заполнения, густота и др., приводят в обобщенной формулировке для обнажения в целом.

Камеральная обработка собранных полевых данных в основном сводится к вычислению и последующему составлению статистических таблиц, построению диаграмм трещиноватости и вычислению по последним трещинной проницаемости пород ( $\Sigma/P$ ), а также числа трещин на 1 м<sup>2</sup> (S).

Трещинная проницаемость (один из существенных факторов в нефтяной геологии) выражается отношением суммарной площади трещин (по всем направлениям) исследуемого участка к площади последнего (P — площадь участка,  $\Sigma$  — суммарная площадь трещин). Число трещин на 1 м<sup>2</sup> определяется отношением общего числа трещин к площади участка.



Методика обработки полевых наблюдений по изучению трещиноватости сводится к следующему. По данному участку выписывают на отдельные листы-таблицы общие данные: название района, название участка, дату обследования, литологическую характеристику свит, в которых наблюдалась трещиноватость, длину и ориентировку участка.

В таблицу, разграфленную на восемнадцать вертикальных столбцов, выписывают замеры азимутов простирания всех трещин данного участка. Эти восемнадцать вертикальных столбцов отвечают такому же числу десятиградусных интервалов северной полуокружности большого лимба горного компаса, причем они располагаются следующим образом:

270—279	280—289	290—299	300—309	310—319	320—329	330—339	340—349	350—359	0—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89

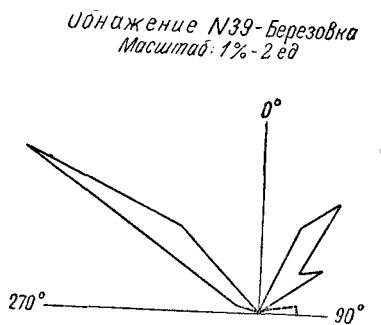
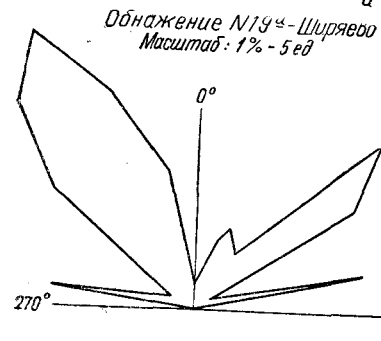
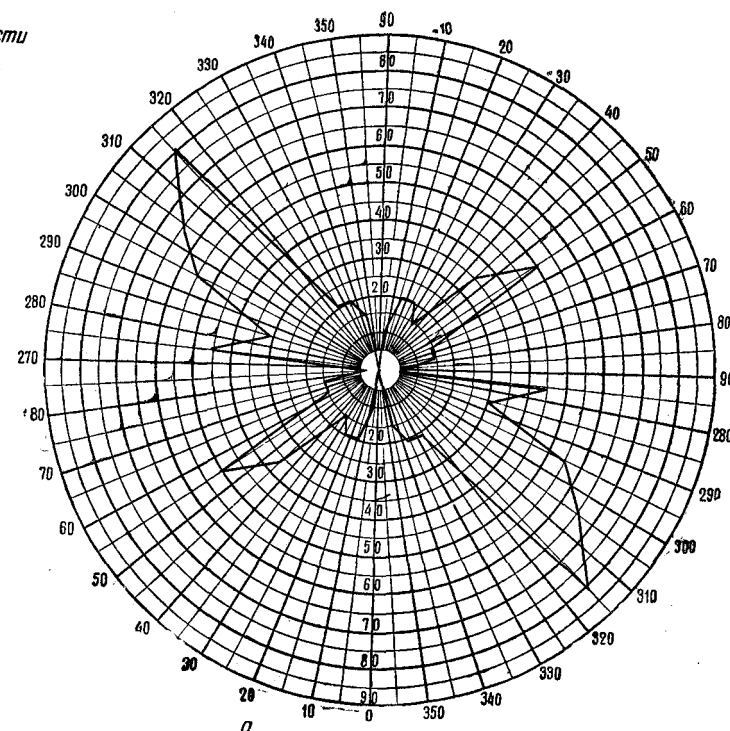
В составленную таким образом таблицу вписывают полученные замеры. Эти замеры получаются в результате того, что по каждому десятиградусному интервалу простираний определяют сумму значений всех азимутов и делят на число замеров по данному интервалу. В итоге получается среднее арифметическое значение азимута для данного интервала.

Одновременно точно таким же способом подсчитывают среднюю ширину трещин данного десятиградусного интервала. Средние значения десятиградусных интервалов выписывают в новую таблицу, приведенную на фиг. 104, а, в которой указывают среднее арифметические значения азимутов трещин по интервалам и число фактических замеров на данном интервале. Такие данные являются исходными для составления диаграммы трещин. Построение такой диаграммы сводится к нанесению на ориентированную поверхность обнажения азимутов простирания фактически замеренных трещин; иногда для ясности каждый азимут изображается различным цветом.

Для определения направлений преобладающей трещиноватости, пользуясь описанными выше таблицами, производят построение розы трещин. Общее число трещин принимают за 100% и вычисляют процентное содержание их для каждого десятиградусного интервала, одновременно заменяя число трещин по интервалу их процентным выражением. Розы трещин строят на специально отпечатанных круговых диаграммах с радиальными и концентрическими делениями через 5° в соответственно выбранном масштабе. По

Таблица трещиноватости

Средний азимут интервала	Число замеров по интервалу	Число, %
275	10	9
285	7	6,3
295	12	10,8
305	15	13,5
315	18	16,2
325	4	3,6
335	4	3,6
345	3	2,7
355	—	—
5	2	1,8
15	4	3,6
25	4	3,6
35	3	2,7
45	8	7,2
55	11	9,9
65	3	2,7
75	3	2,7
85	1	0,9
Сумма	112	100



Средний азимут интервала	Число замеров по интервалу	Число, %	Средний азимут интервала	Число замеров по интервалу	Число, %
275	4	5,6	16	2	2,8
295	1	1,4	25	3	4,2
295	—	—	35	2	2,8
305	6	8,4	45	8	11,2
315	9	12,6	55	6	8,4
325	10	14	65	1	1,4
335	7	9,8	75	6	8,4
345	4	5,6	85	—	—
355	1	1,4	Сумма	77	100
5	—	—	—	—	—

Средний азимут интервала	Число замеров по интервалу	Число, %	Средний азимут интервала	Число замеров по интервалу	Число, %
275	—	—	15	—	—
285	1	2,1	25	5	10,5
295	2	4,2	35	7	14,7
305	15	31,5	45	3	6,3
315	6	12,6	55	4	8,2
325	—	—	65	—	—
335	—	—	75	2	4,2
345	—	—	85	2	4,2
355	—	—	Сумма	47	100
5	—	—	—	—	—

Примечание Розы показаны в северной половине лимба компаса

Фиг. 104. Графическое изображение трещиноватости.

а — круговая диаграмма; б — примеры роз трещин.

12 Н. И. Буялов.

радиальным направлениям указывают азимуты (падения или простирания), по концентрическим — величины углов падения.

Примеры построения роз трещин приведены на фиг. 104, б.

Трещины разного происхождения (например, тектонические, трещины выветривания и т. п.) обозначаются разными знаками. Целесообразно на эту же диаграмму наносить особыми знаками элементы залегания пластов, что дает возможность сопоставления направления трещиноватости с залеганием слоев.

Наиболее распространен способ изображения трещин с нанесением полюсов перпендикуляров к трещинам. Все наблюдаемые трещины представляются проходящими через центр сферы, и линия, прочерченная перпендикулярно в каждой трещине, проходит в сфере через две точки, называемые полюсами. Для характеристики последних представим себе шар (сферу) с изображением в нем ряда трещин, проходящих через его центр (фиг. 105, а). Горизонтальная трещина *BFDE* отмечается точками полюсов *A* и *C*; вертикальная трещина *AFCE* — полюсами *B* и *D*, другая вертикальная трещина *ABCD* полюсами *F* и *E*.

Для построения целесообразно использовать только одну полу-сферу шара (верхнюю или нижнюю) и изображать ее в виде проекции на горизонтальную плоскость (в данном случае на плоскость бумаги). Таким образом, полюсы различных трещин на верхней полусфере будут изображены так, как это указано на фиг. 105, б.

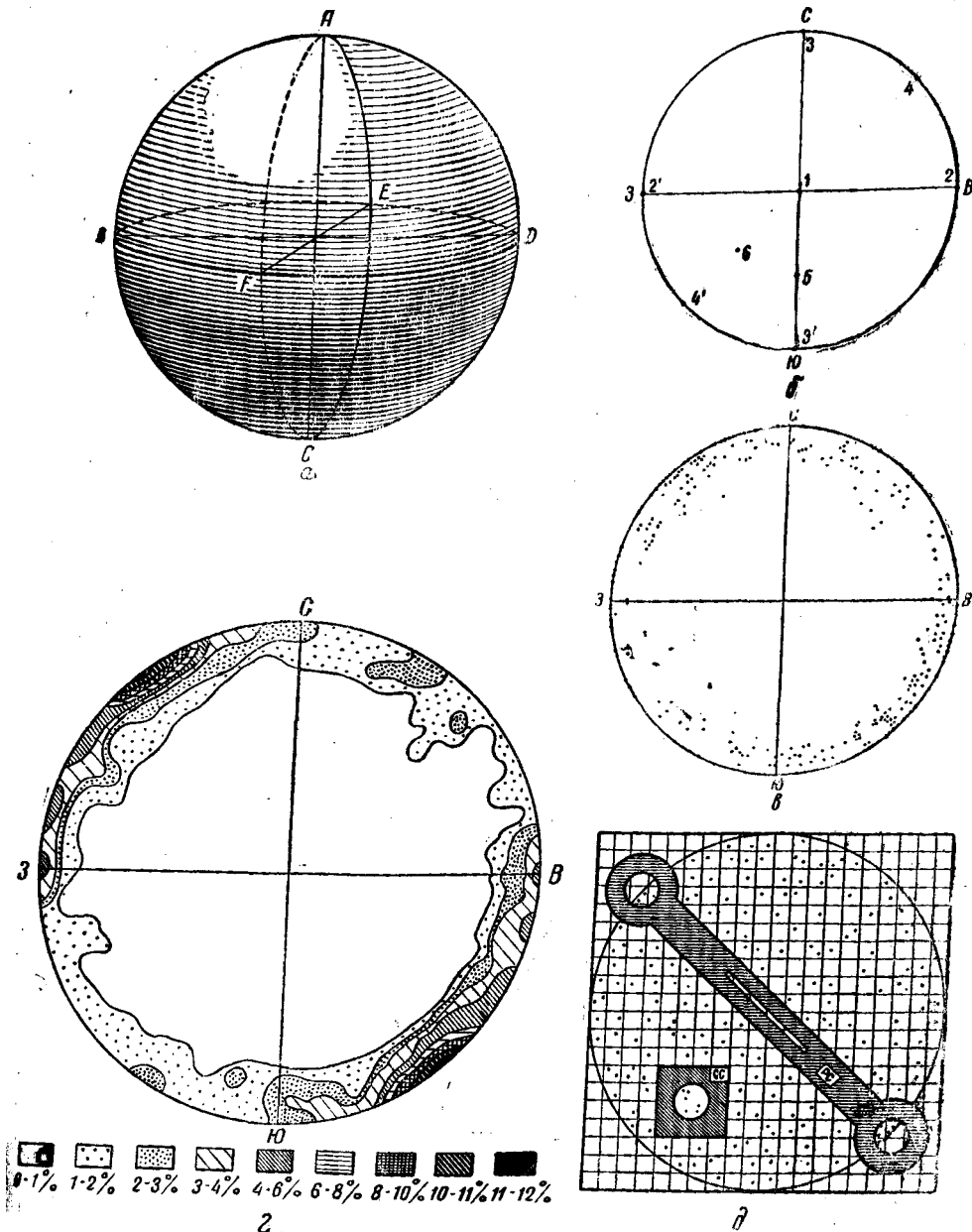
Точное расстояние, на которое точка отстоит от центра круга, зависит от размера проектируемого круга, падения трещины и типа применяемой проекции; в большинстве случаев употребляется проекция, при которой сохраняется равенство площадей (применяется круг с радиусом в 10 см).

Практически нанесение трещин на такую диаграмму, представляющую собой стереографическую проекцию, употребляемую в минералогии, состоит в следующем. От вертикального диаметра сетки, принимаемого за северный конец меридиана, отсчитывают по ходу часовой стрелки до направления падения плоскости трещины азимут ее линии падения и под этим азимутом намечают на внешней окружности сетки точку. Эту точку соединяют с центром сетки и на полученной линии, отсчитывая по параллелям от периферии сетки к центру угол падения плоскости трещины, отмечают точку, определяющую данную трещину.

При этом необходимо обозначать трещины разных групп разными знаками (по их происхождению, по заполняющему их материалу, по породам, в которых они наблюдались, и т. д.).

В результате нанесения всех трещин на сетку получится точечная диаграмма (фиг. 105, в), которую предварительно статистически обрабатывают для того, чтобы исключить из нее влияние случайных, нехарактерных трещин.

Анализируя такую диаграмму, наблюдаем, что полюсы всех трещин в данном примере находятся вблизи или на окружности круга, что указывает на весьма значительные углы их падения.



Фиг. 105. Диаграмма трещиноватости в изолиниях.

а — шар (сфера) с обозначением основных трещин, проходящих через центр; *ABCD*, *AFCE*, *BFDE* — трещины; б — проекция верхней полусферы на горизонтальную плоскость с обозначением полюсов трещин; трещины: 1 — горизонтальная, 2—2<sup>1</sup> — вертикальная меридионального простирания, 3—3<sup>1</sup> — вертикальная широтного простирания, 4—4<sup>1</sup> — вертикальная северо-западного простирания; 5 — широтного простирания, падающая под углом 45°; 6 — северо-западного простирания, падающая на юго-запад под углом 45°; в — точечная диаграмма с нанесением трещин на верхнюю полусферу; г — диаграмма в изолиниях с обозначением количества трещин в процентах; д — методы подсчета точек при построении диаграммы в изолиниях; СС — транспарант для центральных частей; РС — транспарант для периферии.

Концентрация точек в северо-западном и юго-восточном квадрантах подчеркивает их северо-восточное простирание.

На основе точечной диаграммы строят диаграммы в изолиниях (фиг. 105, *з*). Методика обработки такой диаграммы в изолиниях представлена на фиг. 105, *д*. Для подсчета точек используется транспарант (СС), который представляет собой квадратный кусок картона или целлулоида с круглым отверстием в центре. Транспарант последовательно передвигают по всей диаграмме и подсчитывают количество точек. Для того чтобы перемещения транспаранта были систематичными, на точечную диаграмму наносят сетку; если же точечная диаграмма нанесена на прозрачной бумаге, сетку подкладывают под нее и транспарант передвигают слева направо через 1 см. Для подсчета точек, расположенных вблизи окружности на расстоянии, соответствующем диаметру транспаранта в 1 см (если большой круг равен 10 см), применяют периферический транспарант (РС). Количество точек в каждой кружке при подсчете складывают вместе и численно выражают в процентах.

После того как диаграмма будет покрыта цифрами процентов, рисуют изолинии (подобно изогипсам на топографических картах), вычерчиваемые по точкам с одинаковыми процентными значениями количества трещин.

Изображение расположения трещин посредством точечных диаграмм в изолиниях является наиболее удовлетворительным способом. Геологу, научившемуся читать такие диаграммы, они могут быть очень полезны. Диаграммы такого типа можно строить и по замерам элементов залегания плоскостей сбросов, жил и даек. Эти диаграммы лучше карт, так как если простирание может быть легко обозначено на карте, то, чтобы получить представление о падении, надо читать каждую цифру. Эти диаграммы полезны только тогда, когда рисунок трещин сравнительно однороден на всей изученной площади.

Сопоставляя данные систематической обработки замеров трещин с геологией месторождения, возможно рационально направлять дальнейшие разведки месторождения.

### § 3. Разрывные смещения

Все движения земной коры, сопровождающиеся перемещениями слоев горных пород с разрывом (нарушением) их сплошности, называются разрывными смещениями.

Эта группа смещений имеет весьма значительное распространение и прослеживается не только в складчатых зонах, но на платформах и характеризуется большим разнообразием своих форм проявления. Основным элементом всякого разрывного смещения является трещина, по которой происходит перемещение; эта трещина называется сместителем или сбрасывателем. Последняя в простейшем случае представляет собой плоскость, которая имеет определенное направление и угол наклона (или падения).

Плоскости смещений являются плоскостями перемещения, но смещение в подавляющем большинстве случаев происходит не по одной плоскости, а по нарушенной зоне, которая может иметь ширину равную нескольким десяткам сантиметров, иногда сотням и даже тысячам метров. Такая зона может состоять из многочисленных, тесно переплетающихся маленьких разрывов или может быть представлена зоной брекчий или милонита (размельченной и уплотненной породой).

Простирание и падение плоскости сместителя или целой группы их измеряются тем же способом, что напластование и трещиноватость, и могут быть графически выражены на диаграммах, геологических картах и профилях.

Пласты или свиты горных пород, подвергшиеся разрывному смещению, представляются самостоятельными участками и в зависимости от пространственного положения и активности участия в смещении получают свое определенное название. Крыльями называются части пластов, прилегающие к сместителю. При более или менее вертикальном сбрасывателе различают приподнятое, или верхнее, крыло, и опущенное, или нижнее; при наклонном положении сместителя выделяют висячее крыло (приподнятое) и лежащее (опущенное).

При полевых наблюдениях иногда удается установить направление движения крыльев разрывного смещения. Для этого используются следующие признаки: а) различное положение одного и того же слоя (пласта или свиты) пород по обе стороны сместителя; б) наличие изгибов волочения; в) наличие вдоль разрыва брекчий и другого материала перетирания пород; г) наличие зеркал скольжения на стенках сместителя.

Положение линии скольжения и направление смещения можно определить по так называемым бороздам скольжения. Последние представляют линейно ориентированную штриховатость, возникающую на поверхности зеркала скольжения в горных породах вследствие трения одних частей породы о другие во время взаимных перемещений. Они бывают клиновидными, и направление их выклинивания отвечает направлению скольжения противоположной стенки трещины. Направление смещения проявляется также в изменении структуры слоя рассланцованной породы.

На этом признаке основан известный практический прием определения направления смещения. При проведении по бороздам пальцами в одном направлении они скользят гладко, в другом же — ощущается зазубренность.

Отсюда можно утверждать, что скольжение противоположной стенки происходило в том направлении, в котором плоскость представляется гладкой. Однако к таким наблюдениям надо относиться с осторожностью, так как иногда встречается волнистость, похожая на борозды скольжения, но расположенная перпендикулярно к линии скольжения.

По перечисленным признакам можно установить лишь направление смещения, но количественную характеристику разрывного

нарушения без соответствующих наблюдений и графических построений практически решить бывает весьма трудно и это является одним из важнейших объектов полевых исследований.

### Классификация разрывных смещений

Все разрывные смещения по характеру своего проявления подразделяются на несколько типов, которые имеют присущие им черты. Рассмотрим эти типы.

Сдвиги представляют формы нарушений с перемещением в горизонтальном направлении по более или менее крутым сместителям. Они образуются в результате действия пары тангенциальных сил и в общем виде представляются так, как это изображено на фиг. 106, а.

Горизонтальное перемещение по сдвигу, обозначенное величиной  $e$ , исчисляемое от сантиметров до сотен метров, обычно сопровождается небольшим вертикальным смещением.

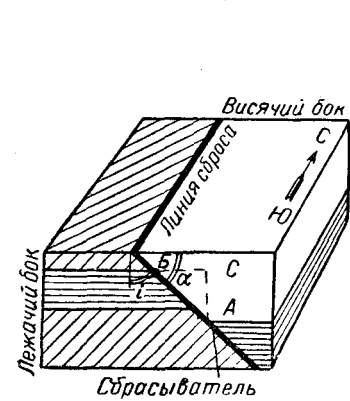
По отношению сместителя к пересекаемой структуре выделяют два основных вида сдвига: собственно сдвиг (фиг. 106, б), когда бока пласта раздвигаются, и передсдвиг (фиг. 106, в), когда происходит перебрасывание боков пласта в горизонтальном направлении.

Приведенные выше графические схемы для практического использования нуждаются в соответствующих пояснениях. Внизу на обоих графиках (фиг. 106, б, в) изображены сдвиги в плане, т. е. в горизонтальной проекции. Точками 1 и 3 обозначены бока одного и того же пласта. Точка 2 — пересечение сместителя с условно выбранной линией  $AB$ , по которой сверху построена вертикальная проекция (разрез) путем проектирования точек пересечения пласта и сместителя с линией профиля  $AB$ .

Фиг. 106. Сдвиг.  
а — блок-диаграмма горизонтального смещения;  
б — собственно (или прямой) сдвиг; в — обратный сдвиг (или передсдвиг).

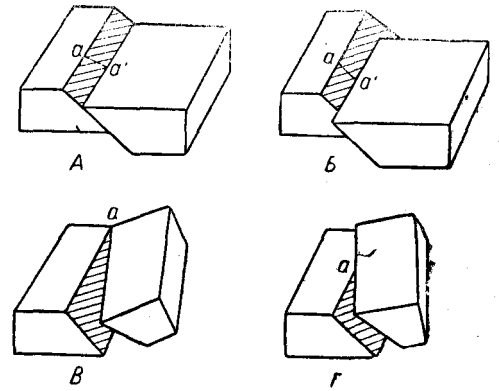
Такой способ позволяет не только изображать разрывные нарушения, но и определять все основные величины смещений.

В практической полевой обстановке таких геометрических построений для выделения сдвигов бывает недостаточно, поэтому приходится обращаться к детальному изучению самого сместителя, а также тех явлений изгибания пород, которые наблюдаются вблизи этого сместителя. В случае сдвигов штрихи и борозды, образующиеся на стенках трещины сместителя, имеют горизонтальное направление и породы вблизи трещины изгибаются так, что эти изгибы волочения можно увидеть лишь в горизонтальном сечении.



Фиг. 107. Схема расположения лежащего и висячего боков пластов при типичной форме проявления разрывных нарушений (сброс).

а — угол падения сброса;  $i$  — угол наклона сброса (смещения).



Фиг. 108. Типы движений при разрывных нарушениях.

А, Б — поступательные движения; В, Г — вращательные движения. Для А и Б точки  $a$  и  $a'$  указывают на величину перемещения, причем в случае Б наблюдается не только вертикальное, но и горизонтальное смещение. Для В и Г в точке  $a$  смещения не происходит, но правый блок имеет вращательное движение, длина пути которого в различных точках не одинакова.

Сдвиги обычно пересекают структуру под углом, иногда нормально и сопровождаются трещиноватостью.

Сбросы — это разрывные смещения слоев горных пород, обусловленные движением преимущественно в вертикальном направлении, образовавшиеся в результате опускания одного участка земной коры относительно другого.

Сбросы представляют собой чрезвычайно распространенные формы смещений и наблюдаются в толщах, как смятых в складки, так и лежащих горизонтально.

Сбросы могут возникнуть по трещинам разрыва и трещинам скалывания. Первые обычно бывают крутыми, почти вертикальными, вторые — наклоненными.

Во всяком сбросе (фиг. 107) можно различить: 1) сбрасыватель, или плоскость, по которой произошел сброс; 2) висячий и лежащий бока (перемещенные части пород сброса); 3) угол сброса, образуемый линией падения сбрасывателя с горизонтальной плоскостью, измеренный в вертикальном сечении.

Пересечение плоскости сброса с поверхностью земли, известное под названием линии сброса, следа сброса или выхода сброса, изображается на картах прямой или криволинейной линией.

Движения вдоль сбросов могут быть поступательными и вращательными (фиг. 108). При поступательном движении блоки, смещаясь, не поворачиваются один относительно другого и остаются параллельными. При вращательном движении оба блока смещаются по отношению друг друга и при этом поворачиваются на некоторый угол. Линия, вокруг которой происходит вращательное движение, называется *парной линией*.

Так как простирание сброшенного пласта может быть или параллельно простиранию сбрасывателя, или перпендикулярно к нему, или, наконец, располагаться под косым или тупым углом к нему, то по отношению к простиранию сброшенного пласта и сбрасывателя сбросы подразделяются на параллельные и поперечные (по падению) и поперечные косые (или диагональные). По отношению к падению сброшенных пластов и сбрасывателя различаются *согласнопадающие* и *несогласнопадающие* сбросы.

Параллельные сбросы изображены на фиг. 109. Основным и общим элементом для них является то, что простирание плоскости сместителя параллельно простиранию пластов, но направление падения и углы падения плоскости сместителя и пластов весьма значительно изменяются, и это служит основой для подразделения их на согласные и несогласные.

Линии *P* изображают перпендикуляры, восстановленные к линии простирания сбрасываемого пласта, линии *L* — отвесные линии, проведенные в точке пересечения сбрасывателя с сместителем пластом. Взаимное расположение этих линий дает возможность определять величину угла между сбрасывателем и падением пластов, что является весьма существенным в полевых условиях для изучения нарушения и при поисках полезных ископаемых.

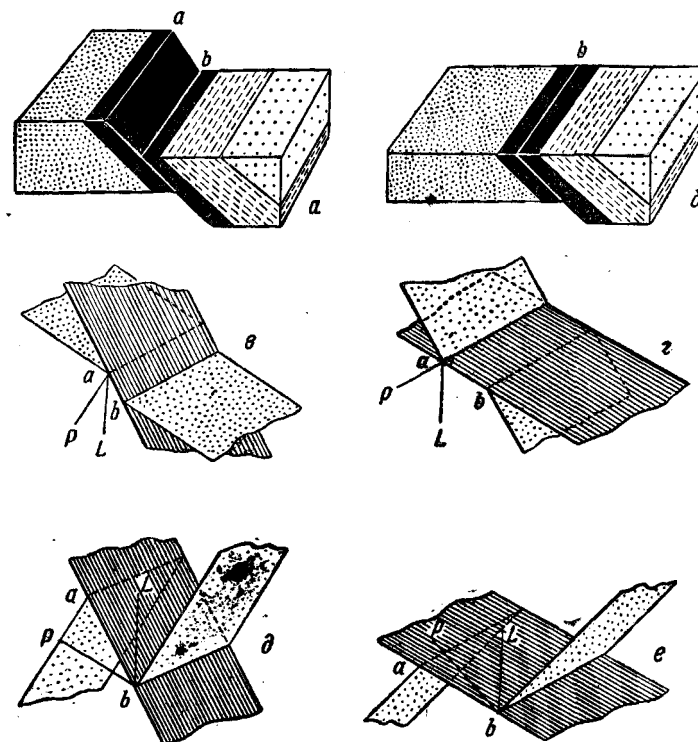
Группа поперечных сбросов, идущих вкрест простирания пластов, представлена на фиг. 110.

В поперечных сбросах простирание сместителя перпендикулярно к простиранию пласта. На приведенных примерах (фиг. 110, *в*, *г*) углы падения пласта одинаковы, но направления падения противоположны (*в* — на восток, *г* — на запад). На этих схемах, так же как и на приведенных ниже, буквы *z* и *y* обозначают углы, образуемые горизонтальной проекцией линии пересечения сбрасывателя, со сбрасываемым пластом и на данных схемах они одинаковы. Величина *a* обозначает угол сброса, т. е. угол, образуемый линией сброса с той частью линии простирания сбрасывателя, которая направлена в лежачий бок пласта; *ac* — горизонтальная величина смещения — *звизание*.

Группа косых или диагональных сбросов является наиболее распространенной среди сбросовых разрывных нарушений. Она

характеризуется обилием форм и интенсивностью проявления и в общем виде представлена на фиг. 111.

В косых сбросах линии простирания сбрасывателя пласта могут образовывать острые и тупые углы. Здесь наблюдаются такие случаи: 1) линии простирания сбрасывателя и пласта образуют между собой острый угол, но углы падения сбрасывателя и пласта



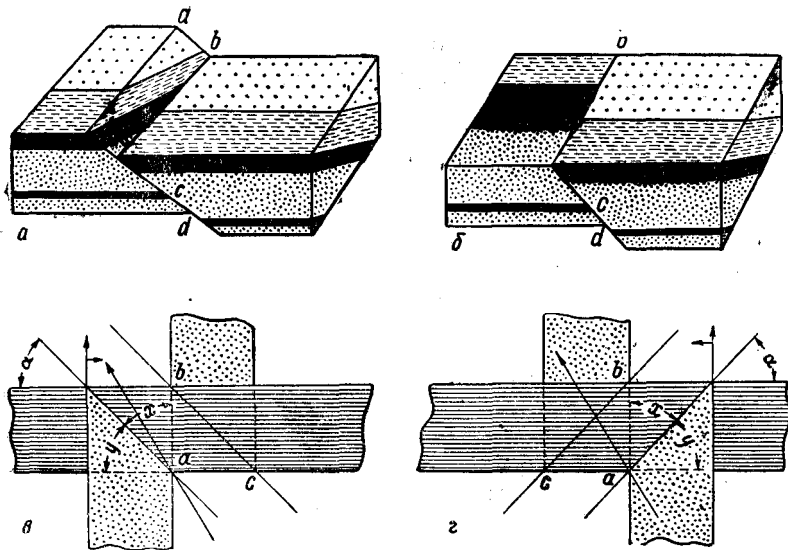
Фиг. 109. Разрывные нарушения — сбросы.

*a* — сброс, параллельный напластованию в стадии проявления нарушения; *ab* — наклонная высота смещения; *б* — то же после денудации лежачего бона; *в* — согласно падающий сброс, сбрасыватель имеет больший угол падения, нежели пласт; *г* — согласно падающий сброс, сбрасыватель имеет меньший угол падения, чем пласт; *д* — несогласно падающий сброс, угол падения сбрасывателя больше, чем у пласта; *е* — несогласно падающий сброс, угол падения пласта больше, чем у сбрасывателя.

одинаковы; 2) линии простирания сбрасывателя и пласта образуют попрежнему острый угол, но угол падения сбрасывателя больше угла падения пласта; угол сброса *a* острый; 3) линии простирания сбрасывателя опять-таки образуют между собой острый угол, но угол падения пласта больше угла падения сбрасывателя; угол сброса *a* тупой; 4) линии простирания сбрасывателя и пласта образуют между собой тупой угол, но угол падения пласта больше угла падения сбрасывателя и т. д.

Из всех приведенных примеров видно, насколько разнообразны сбросовые разрывные нарушения.

Взброс представляет собой нарушение, вызванное вертикальным движением — поднятием некоторого участка земной коры по разрыву относительно другого. Взбросы приурочены преимущественно к прерывистым складкам, формируются как результат вертикального растяжения и характеризуются тем, что положение трещин разрыва близко к вертикальному. Трещина взброса с механической точки зрения представляется как явление скалывания.



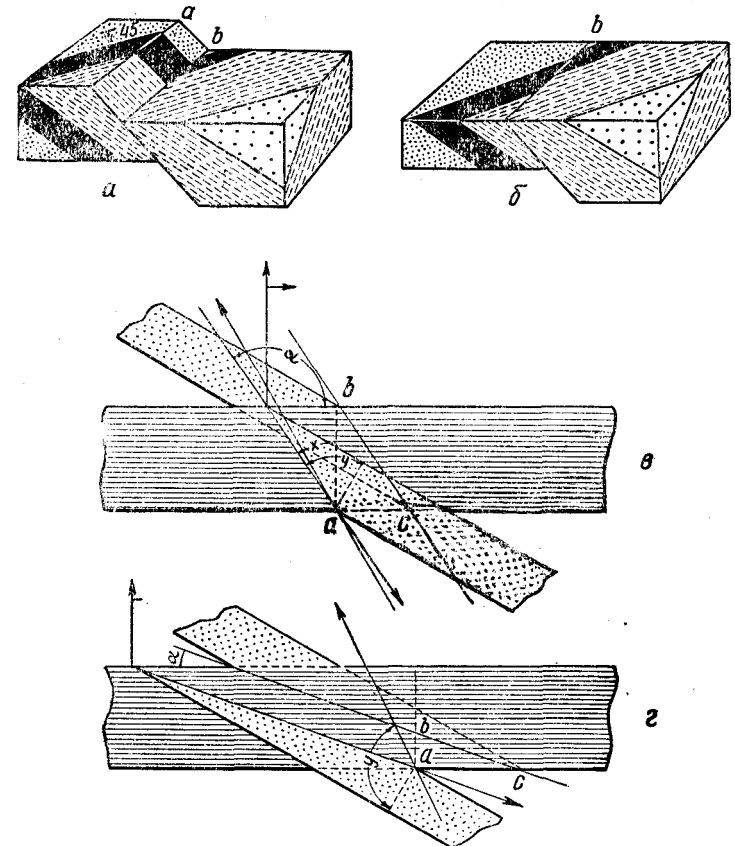
Фиг. 110. Сброс поперечный (перпендикулярный напластованию пород). *a* — в стадии проявления нарушения; *ab* — наклонная высота смещения; *b* — после денудации лежащего бока; *a* — сместитель падает на юг, падение пласта на восток, вислый бок смещен на восток; *z* — падение пласта на запад, смещение на запад (по направлению стрелки).

Морфологически эти трещины бывают зияющими, открытыми, и заполняющие их брекчии состоят из грубых обломков пород; по характеру проявления и отношению к окружающим породам и своему пространственному положению они подразделяются аналогично описанным выше сбросам. Взброс может рассматриваться как частный случай сброса с отрицательным значением величины зияния, которая у взброса именуется перекрытием.

На фиг. 112 приведены типичные формы взбросовых разрывных нарушений, которые, так же как и предыдущие сбросовые, представляются весьма разнообразно.

Система более или менее параллельных сбросов, по которым отдельные участки земной коры сброшены с одной и той же стороны наподобие ступенек лестницы, образует ступенчатые сбросы (фиг. 113, *a*). Грабеном называется участок земной коры, ограниченный с двух или более сторон сбросами и опущенный относительно смежных участков (фиг. 113, *b*). Грабены

бывают различных размеров — от грандиозных расколов, достигающих в длину нескольких тысяч километров (Восточная Африка) и с амплитудой перемещения в несколько километров, до крошечных сантиметровых дислокаций.



Фиг. 111. Сброс косою, диагональный.

*a* — в стадии проявления нарушения; *ab* — наклонная высота смещения; *b* — после денудации лежащего бока; *e* — согласно падающий; *a* — угол сброса тупой; *ac* — проекция смещения по пространству; *ab* — проекция длины смещения; *z* — несогласно падающий; *a* — угол сброса острый.

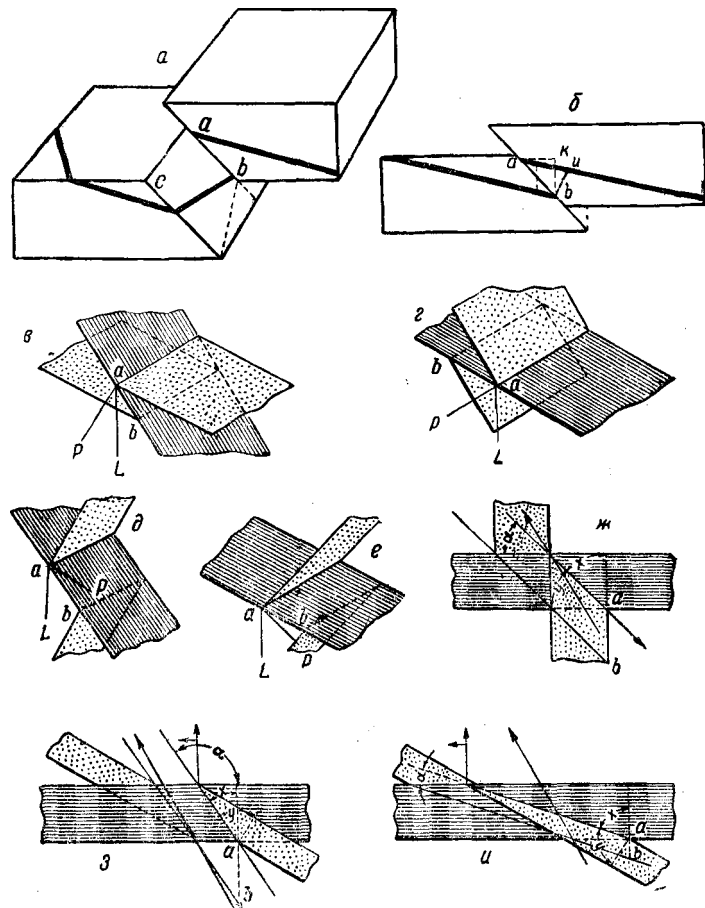
Формы смещений, которые в противоположность грабенам образуют участки поднятий, ограниченные системами взбросов, называются горстами или сбросовыми выступами (фиг. 113, *e*).

Сбросы и взбросы, наиболее широко развитые разрывные смещения, подобно трещинам могут быть классифицированы по геометрическому или генетическому принципу.

Из приведенных примеров видно, что основой различных геометрических классификаций разрывных нарушений являются та-

кие данные, как пространственное положение сместителя, положение плоскости сброса или взброса относительно окружающих горных пород, тип сброса или взброса, угол падения плоскости сброса и величины смещения по сбросу или взбросу.

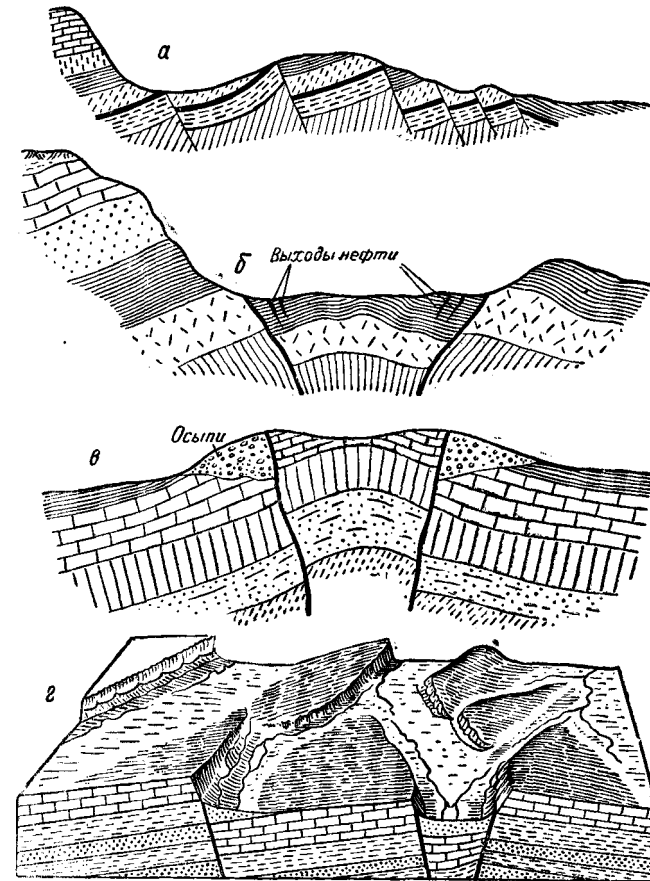
Для суждения о типе и характере сброса или взброса пользуются геологическими картами, реже — поперечными разрезами. Местами сбросы или взбросы имеют в основном одинаковое падение и



Фиг. 112. Взброс и его основные элементы.

*a* — блок-диаграмма с обозначением величины смещения; *ab* — наклонное смещение; *ac* — смещение по простиранию; *b* — вертикальный поперечный разрез; *ж* — перекрытие; *ab* — наклонное перемещение; *кб* — вертикальное смещение; *вн* — стратиграфическая амплитуда. Взбросы, параллельные простиранию: *в* — согласно падающий, сместитель имеет больший угол падения, чем пласт; *г* — несогласно падающий, сместитель имеет больший угол падения, чем пласт; *д* — несогласно падающий, сместитель имеет меньший угол падения, чем пласт; *еж* — взброс поперечный (вместе простирания пласта). Взбросы косые — диагональные; *з* — согласно падающий, угол сброса *a* тупой; *и* — несогласно падающий, угол *a* острый (буквенные обозначения аналогичны фиг. 109—111).

простирание и представляют систему параллельных сбросов (фиг. 114). Если простирания сбросов одинаковы, а падения различны, сбросы образуют две или больше системы параллельных сбросов. Кулисообразные сбросы — это относительно более короткие сбросы, перекрывающие друг друга. Сфери-



Фиг. 113. Сложные системы разрывных нарушений.  
*a* — ступенчатый сброс; *б* — грабен; *в* — горст; *г* — сбросовая глыба, проявляющаяся в рельефе.

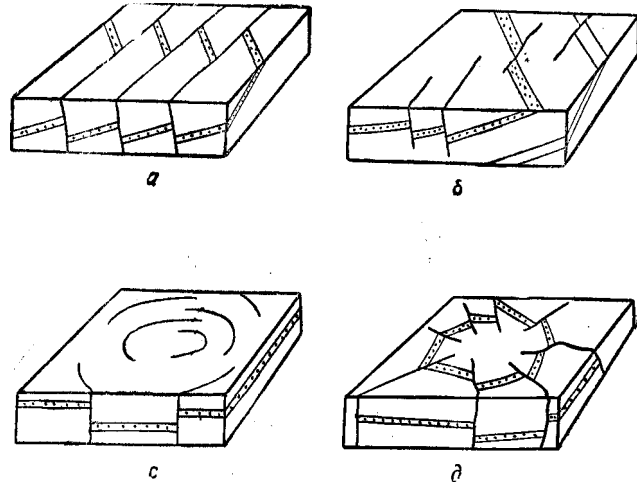
ческие нарушения — круговые сбросы — ограничивают округлые площади или части округлых площадей. Радиальные сбросы образуют систему сбросов, исходящих из одной точки.

Если разрывное смещение, прослеживаемое по простиранию, характеризуется изменением вертикальной величины перемещения и при этом наблюдается вращательное движение, то такое смещение называется шарнирным или затухающим (фиг. 115). Эта форма нарушений весьма широко развита в диапировых



солянокупольных и других складках и имеет различные формы своего проявления.

В практической обстановке часто наблюдается, что вертикальный разрыв (сброс) по своему простиранию переходит в флексуру и разрывное нарушение сменяется складчатым. Для характеристики таких нарушений необходимы определения амплитуды смещения в ряде точек, расположенных по простиранию сместителя. Эти нарушения при последующей денудации лежащего бока (при сбросе) или висячего бока (при взбросе) приводят к изменению простирания слоев и значительно усложняют геологическое строение участка, осложненного таким нарушением.



Фиг. 114. Классификация сбросов по их пространственному положению.

а — параллельные; б — кривообразные; с — сферические; д — радиальные.

Надвиг — это разрывное смещение, наиболее тесно связанное со складкообразованием. Надвигом называется сложная форма залегания толщ горных пород, когда в результате тангенциальных усилий одна часть складки или пласта (свиты) надвинута на другую по более или менее пологой (иногда почти горизонтальной) поверхности (сместителю).

Надвиги или перекрытия, как правило, связаны с полными и промежуточными складками, редко сопровождают складки прерывистые и представляют собой типичный пример движений по трещинам скалывания. Принадлежность надвигов к этим трещинам соответствует также и характеру явлений, наблюдаемых в самом разрыве. Трещина закрыта, стенки ее плотно притерты, контакт двух толщ очень плотный; циркуляция вод по надвиговому контакту не наблюдается. Раздробленные породы — тектониты (милониты, брекчии) — состоят из перетертых обломков контактирующих пород без привноса постороннего материала.

Морфологически надвиг можно рассматривать как взброс с пологой наклоненной сместителем. В надвиге могут быть выделены все те же элементы, которые отмечались у взброса.

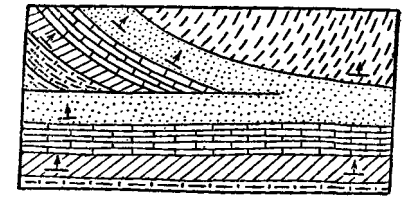
Надвиги по характеру и форме своего проявления бывают нескольких разновидностей.

Надвиг разлома (фиг. 116, а) развивается в тех случаях, когда нарушение сечет пласт поперек или под крутым углом к напластованию отложений. Отрезок ОК является величиной перемещения.

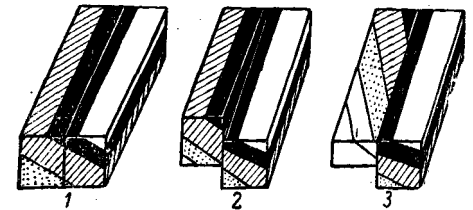
Надвиг растяжения (фиг. 116, б) развивается в тех случаях, когда пласт или складка перевернута, испытывает растяжение и в конце концов разрывается.

Надвиг скалывания (фиг. 116, в) возникает в результате складкообразования. Когда трещина сечет горизонтальные пласты, образующийся надвиг может быть назван начальным надвигом скалывания. В других случаях надвиг может пересекать пласты, которые смяты в складки, и тогда такое нарушение называется наложенным надвигом скалывания (фиг. 116, г).

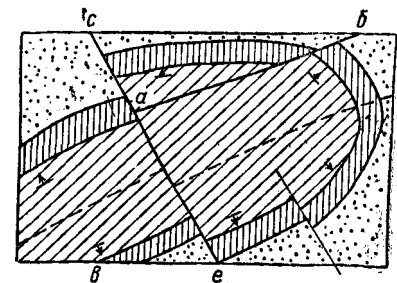
Надвиг, идущий по плоскости напластова-



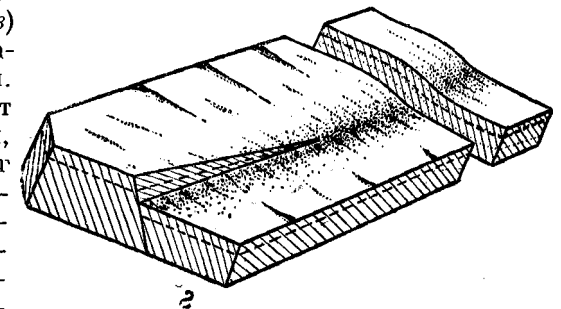
а



б



в



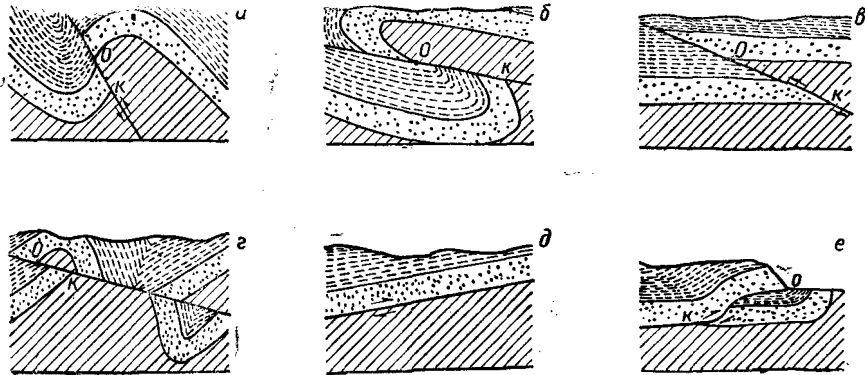
г

Фиг. 115. Изображение сбросовых нарушений.

а — геологическая карта с обозначением сброса, затухающего к востоку; б — изменение простирания слоев в затухающем сбросе, изображенном на блок-диаграмме; 1, 2, 3 — последовательные стадии развития нарушения при участии денудационных процессов; в — периклиналиное погружение антиклинали (в плане), осложненное продольным аб и поперечным се секущим сбросом; г — нормальный сброс, переходящий в флексуру.

ния, называется **пластовым надвигом**; пример такого нарушения изображен на фиг. 116, *д*. Для него характерно наличие зеркала скольжения на плоскостях соприкосновения пластов и иногда даже наблюдается образование брекчии трения, особенно при сравнительно большой амплитуде перемещения.

В том случае, когда висячий бок движется по эродированной поверхности, нарушение называют **эрозийным надвигом** (фиг. 116, *е*). Наблюдается еще так называемая чешуйчатая структура, называемая иногда блоковой структурой, обусловленная несколькими надвигами, падающими в одном направлении. Обычно пласты и плоскости надвигов падают в одном направлении под подобными, но не всегда равными углами.



Фиг. 116. Типы надвигов.

**Покровы, перекрытия или шарьяжи** являются геологическими структурными формами, при которых большие массы пород перемещаются на большие расстояния. Покров может быть определен как надвиг, плоскость которого падает под углом в  $10^\circ$  или меньше, а перекрытие измеряется километрами. Надвинутыми являются слои или свиты, находящиеся над плоскостью нарушения.

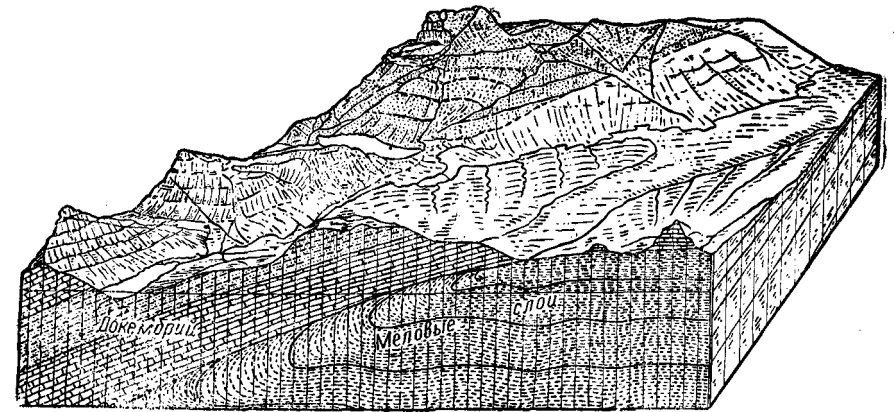
Покров часто характеризуется складчатостью и бывает обычно эродирован.

При изучении этих нарушений особое внимание уделяется тем породам, которые участвуют в разрывных смещениях. Породы или участок земной коры, которые не участвуют в перемещениях и лежат под перемещенными массами, называют **автохтоном** или **автохтонными**.

Породы надвинутого слоя, которые перемещались на много километров с места их первоначального отложения, называются **аллохтонными** или **аллохтонами**, т. е. образовавшимися где-то в другом месте.

При покровых древние породы могут перекрывать более молодые (фиг. 117).

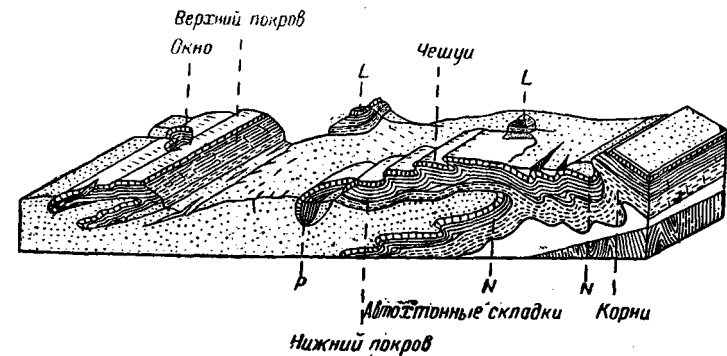
В каждом покрове различают помимо автохтона и аллохтона еще фронт или лоб покрова, представляющий переднюю часть аллохтона, и корни покрова — глубокие непередвинутые части.



Фиг. 117. Покровное залегание пород: докембрий надвинут на меловые породы.

Отверстие в покрове, позволяющее видеть породы автохтона, называется **тектоническим окном**.

Породы, увлеченные трением масс при образовании надвига-покрова, образуют **останцы надвинутого слоя (клиппены)**. Такие останцы, небольшие по площади и мощности, называются **чешуями**.



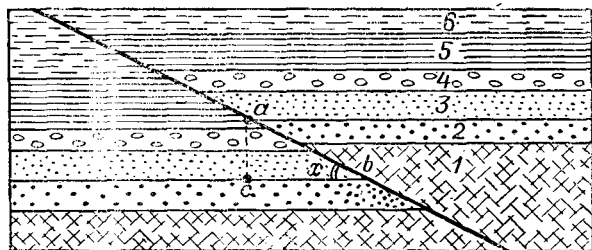
Фиг. 118. Схема строения покрова.

*N* — нижний покров; *P* — фронтальный плоский шарнир; *L* — отто-рженцы покрова (останцы или клиппены).

На фиг. 118 приведена схема складчатого покрова, заключающего все основные особенности покровной тектоники. Из последней видно, что такие останцы и окна наблюдаются в районах с расчлененным рельефом в результате интенсивного развития эрозии.

Величина смещения при покровных образованиях может достигать нескольких десятков километров. В покрове величина смещения измеряется по расстоянию между фронтом и корнем нарушения.

Стратиграфическая величина перемещения, называемая амплитудой покрова, может измеряться тысячами метров, и во многих случаях она может быть определена со значительной точностью.



Фиг. 119. Определение величины смещения надвига скальвания в горизонтально залегающих слоях.

1, 2, 3, 4, 5, 6 — последовательность отложений от древних к молодым.

Однако надо отметить, что количественная оценка перемещения покрова представляется довольно трудной задачей. Для определения величины перемещения существует тригонометрическая зависимость, заключающаяся, как это видно из фиг. 119, в том что

$$ab = \frac{ac}{\sin x},$$

где  $ab$  — перемещение;

$ac$  — стратиграфическая амплитуда;

$x$  — угол падения плоскости нарушения.

Все перечисленные разрывы образуются в связи со складчатыми движениями. Наряду с ними выделяют **глубинные разломы** — разрывы большой протяженности, прослеживаемые на сотни километров, длительного развития (десятки миллионов лет) и значительной амплитуды (тысячи метров), связанные с волновыми движениями и образующиеся преимущественно на границе волновых поднятий и прогибов.

#### Псевдотектонические нарушения

Кроме тектонических нарушений, рассмотренных и описанных выше, различают еще псевдотектонические, связанные с денудационными процессами и действием силы тяжести (оползни, действие ледников, нарушения вследствие гидратации ангидритов у поверхности земли и пр.).

К псевдотектоническим нарушениям относятся следующие.

**Наземные оползни**, связанные с оползанием значительных масс горных пород под действием силы тяжести из орогра-

фически поднятых в орографически пониженные участки. Перемещение пород при возникновении оползней достигает нескольких километров, а мощности толщ, вовлекаемых в оползание, измеряются десятками метров. По площади оползни захватывают иногда территории в несколько квадратных километров. При возникновении оползня в верхней границе его образуются трещины растяжения, а у основания развивается поверхность скольжения, где наблюдается зона раздробления и перетирания пород иногда со складками волочения.

Такие оползневые нарушения имеют значительное распространение и при структурном картировании при недостаточно детальном изучении их могут быть приняты за тектонические. Обычно оползание происходит по кривым поверхностям, сверху — более крутым, а внизу — выполаживающимся.

**Подводные оползни** представляют собой нарушения, возникшие в пониженных участках дна водоема, и сопровождаются образованием мелких складок, скоплений брекчий в результате смещения мягких пород. Такие нарушения имеют местный характер, наблюдаются в пределах одного или нескольких пластов (свиты их) и не распространяются далеко вниз по падению и вверх по восстанию данного разреза пород.

**Ледниковые нарушения** возникают под воздействием на слои пород движущихся масс льда. Эти формы нарушений представлены складками волочения, сопровождающимися растрескиванием и развитием мелких сбросов, возникающих вследствие неравномерной нагрузки льда на коренные породы и неравномерных напряжений, обусловленных движущимся ледяным покровом. Эти явления имеют довольно значительное распространение и требуют от геолога при изучении таких нарушений серьезного внимания не только к коренным, но и к покровным — современным — отложениям.

**Гипсовая тектоника** наблюдается как нарушение, связанное с увеличением объема пород при гидратации ангидритов и превращении их в гипс. Проявление гипсовой тектоники выражается в гофрировке гипсовых слоев и местных увеличениях их мощности, в образовании кристаллизационной брекчии из глин, песчаников и мергелей, переслаивающихся ангидритами. Эти нарушения проявляются на глубинах до нескольких десятков метров.

**Экзотектоника**, представляющаяся как результат деятельности денудационных процессов, характеризуется выпучиванием пластичных (глинистых) толщ в виде антиклинальных поднятий под долинами рек. Перемещение таких пластичных пород происходит под влиянием довольно значительной нагрузки высоких берегов в долину — наименее нагруженную зону. Эти нарушения не затрагивают горизонты, подстилающие комплекс пластичных пород.

Перечисленными формами псевдотектонических нарушений не исчерпывается этот вид геологических явлений; в природных условиях они имеют более широкое распространение и характеризуются

различными отклонениями, для изучения которых требуются привлечение большого количества факторов не только геологического характера, но и топографического, метеорологического, изучение растительного покрова и др.

#### Определение основных элементов смещения при разрывных нарушениях (сбросах и взбросах)

К числу основных элементов сбросов и взбросов, которые должны быть определены в полевых условиях и при камеральной обработке, относятся наклонные смещения, вертикальные смещения, горизонтальные смещения (зияние или перекрытие), стратиграфическая высота смещения или амплитуда смещения.

Смещением в общем понятии называется относительное перемещение отдельных участков горной породы вне зависимости от направления (вертикально, горизонтально, диагонально) и количественных значений величин нарушений.

Наклонное смещение — или полная амплитуда смещения — это расстояние между двумя точками (взятыми в кровле или подошве пласта или свиты), измеренными в плоскости сбрасывателя. Эту величину можно также рассматривать как наклонную длину разрывного нарушения с учетом величины угла падения сбрасывателя (фиг. 116 — величина  $ok$ , фиг. 109, 110, 111, 112 — отрезок  $ab$ ).

Вертикальное смещение (иногда называемое размахом) представляет собой величину нарушения, измеренную в вертикальном направлении.

Эта величина имеет весьма существенное значение в нефтяной геологии, особенно при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений, так как по разрезам скважин отмечается только вертикальное смещение и амплитуда его может быть выражена численно.

Горизонтальное смещение — это расстояние между двумя одноименными точками пласта или свиты (в кровле или подошве) лежачего и висячего боков, измеренное в горизонтальной плоскости вкrest простирания сместителя. Эту величину можно рассматривать также как проекцию наклонного смещения на горизонтальную плоскость. В случае сброса это смещение называется зиянием, а при взбросе — перекрытием. В последнем случае наблюдается повторение разреза, что, как и зияние, имеет весьма существенное значение не только при полевых геологических исследованиях, но и при разработке нефтяных и газовых месторождений.

Все перечисленные величины относятся к так называемым видимым смещениям, которые отличаются от истинных. Они являются функцией многих переменных и зависят не только от истинного перемещения, но также от простирания и падения сместителя, простирания и падения разрываемого пласта и положения поверхности, на которой производятся наблюдения. Видимое

перемещение может быть равно нулю, тогда как перемещение значительно.

Если известно простирание и падение плоскости нарушения и простирание и падение двух или более структурных плоскостей различной ориентации, нарушенных разрывом, можно определить характер и природу движения.

Истинной величиной смещения является стратиграфическая высота или амплитуда смещения. Последней называется расстояние между перемещенными частями одного и того же пласта или свиты (от кровли до кровли или от подошвы до подошвы), измеренное по перпендикуляру к поверхности пласта или свиты.

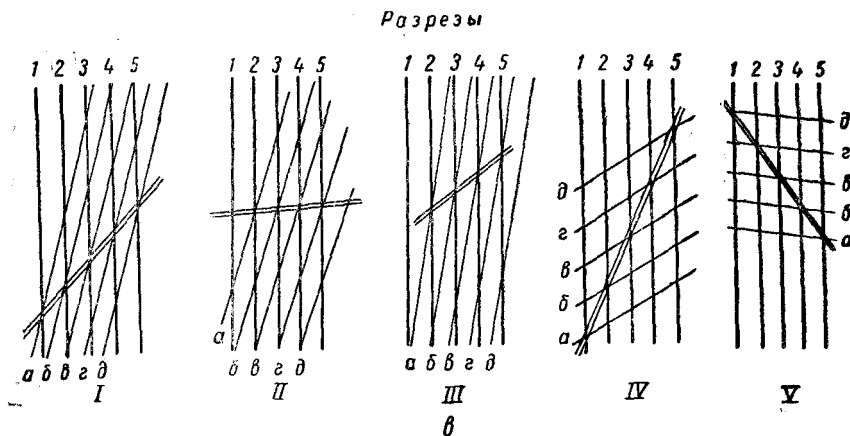
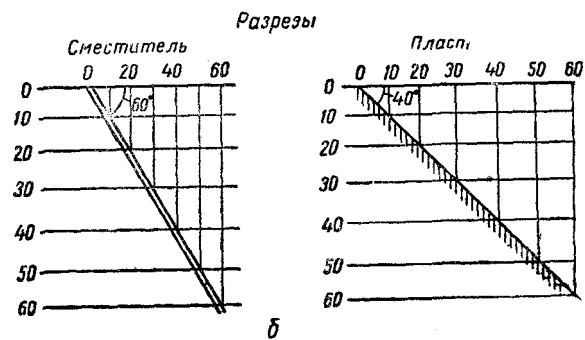
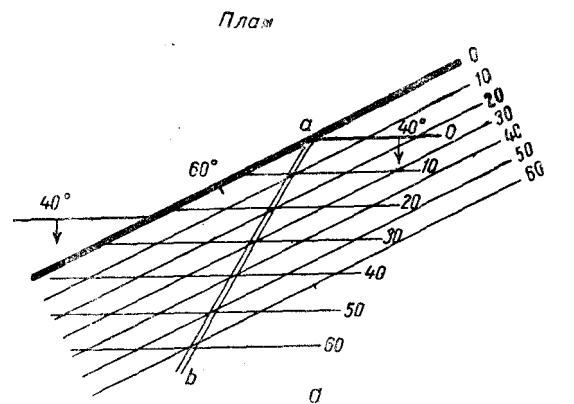
В ряде случаев анализ геологических особенностей разрывов не позволяет установить их истинный характер. В этом случае необходимо обратиться к изучению сместителей.

В том случае, когда линии простирания пласта и сместителя параллельны, но имеют различные углы и направление падения, линия их пересечения или линия скрещивания пласта занимает вполне определенное положение в пространстве и является горизонтальной. Но это бывает сравнительно редко, и обычная линия скрещивания пласта и сместителя поднимается или опускается в плоскости пласта (или свиты), занимая различное положение в зависимости от относительного положения пласта и сместителя (фиг. 120).

На плане (фиг. 120, *a*) изображено нарушение, сместитель которого обнажен в точке *b* и имеет азимут падения ЮВ  $160^\circ$ , угол падения  $60^\circ$ ; в точке *a* прослежен выход пласта, азимут падения которого ЮВ  $175^\circ$ , угол падения  $40^\circ$ . Требуется определить положение сместителя и показать проекцию его на горизонтальную плоскость. Построим вертикальные разрезы вкrest простирания сместителя и пласта (фиг. 120, *b*) и рассечем их рядом параллельных линий в масштабе плана через определенный интервал (5, 10, 50 м). Точки пересечения этих горизонталей перенесем на нулевую линию, а полученные при этом интервалы расстояний затем перенесем на план и изобразим их в виде ряда линий, соответственно параллельных простиранию сместителя и пласта. Точки пересечения этих линий дают линию скрещивания, т. е. проекцию сместителя на горизонтальную плоскость  $ab$ .

При изучении положения линии скрещивания пласта и сместителя наблюдаются различные сочетания, примеры которых приведены на фиг. 120, *в*.

Если пласт и сместитель имеют согласное падение, но последний падает круче, возможны случаи, когда при известном соотношении между элементами залегания пласта и сместителя линия скрещивания будет совпадать с линией его падения. Такие случаи нередки; они интересны в том отношении, что могут быть приняты за поперечное нарушение, тогда как в действительности они часто относятся к таким сбрасывателям, которые почти совпадают с пересекаемой структурой. В тех случаях, когда сместитель падает

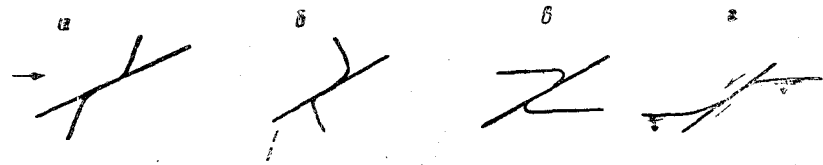


Фиг. 120. Проекция пересечения плоскости сместителя с пластом при разрывных нарушениях.

*a* — план; *ab* — проекция сместителя; *б* — вертикальные разрезы вкост простирания сместителя и пласта; *в* — положение линий пересечения пласта и сместителя в горизонтальной проекции при различных их отношениях; I, II, III — в случае согласного падения; IV, V — при несогласном и поперечном положениях; линии *a*, *б*, *в*, *г*, *д* — горизонталь пласта; двойная линия — исномая линия пересечения; 1, 2, 3, 4, 5 — проекции плоскости сместителя на отметках соответственно отвечающим горизонталям.

положе пласта, линия скрещивания поднимается в висячем боку нарушения, увеличивая размеры поля по восстановию пласта.

В несогласных разрывах эти отношения выражаются в том, что линия обреза висячего бока пласта поднимается вперед, при том довольно полого (фиг. 120, *в*, IV, V). При поперечном положении сместителя относительно простирания пласта линия скрещивания висячего бока взброса также поднимается вперед, но сравнительно круто. При отвесном падении трещины линия скрещивания совпадает с падением пласта, и этот случай действительно поперечного нарушения, которое может быть представлено сбросом или сдвигом, нужно отличать от согласного взброса, у которого линия скрещивания иногда занимает такое же положение.



Фиг. 121. Изгибы волочения пласта при разрывных нарушениях (в вертикальном сечении по падению пласта — *a*, *б*, *в*).

*a* — обратный надвиг; *б* — несогласный взброс; *в* — поперечный взброс; *г* — сдвиг (в горизонтальном сечении).

Большое внимание при полевых наблюдениях необходимо обращать на условия залегания пластов (свит) вблизи сместителя, так как оно бывает различным в зависимости от отношения сместителя к структуре и от направления перемещения. Поэтому свойства геологического тела вблизи линии скрещивания являются довольно хорошим признаком для суждения о характере перемещения.

При согласных взбросах, обычно развивающихся при выкручивании крыльев складок и вообще при послойных перемещениях, срезание пород происходит очень аккуратно и самое перемещение обычно не сопровождается заметными деформациями в крыльях разрывов (фиг. 121). Но в обратных надвигах (*a*), несогласных взбросах (*б*), поперечных взбросах (*в*), сдвигах (*г*), а также в сбросах вследствие резкого трения, проявляющегося по трещине, секущей структуру под углом, пласты обычно заворачиваются с образованием изгибов волочения, по которым можно расшифровать формы дислокаций, в частности отличить сдвиги от сбросов, геометрически с трудом различимых. Действительно, у сдвигов изгиб волочения появляется в горизонтальном, а у сбросов лишь в поперечном вертикальном сечении. Последующие движения по старым трещинам могут значительно исказить их первичные свойства. Во всяком случае изгибы волочения нужно отличать от дополнительных складок, испытавших в последующем разрыв среднего, иногда обретенного крыла.

### Методы изучения разрывных смещений

Изучение разрывных смещений наиболее полно возможно осуществить в полевых условиях при наличии достаточной обнаженности или при помощи горно-разведочных выработок. Однако при решении этих задач часто приходится обращаться к построениям на геологических картах, разрезах и к аналитическим расчетам.

Важнейшими количественными величинами, характеризующими такие разрывные смещения, как сбросы и взбросы, являются вертикальное и стратиграфическое смещения.

На картах с рельефом, выраженным в горизонталях, величину вертикального смещения пластов по сбросу можно найти путем сравнения линий простирания плоскости пласта в обоих крыльях сброса вне зависимости от того, является ли этот сброс поперечным, продольным или же косым.

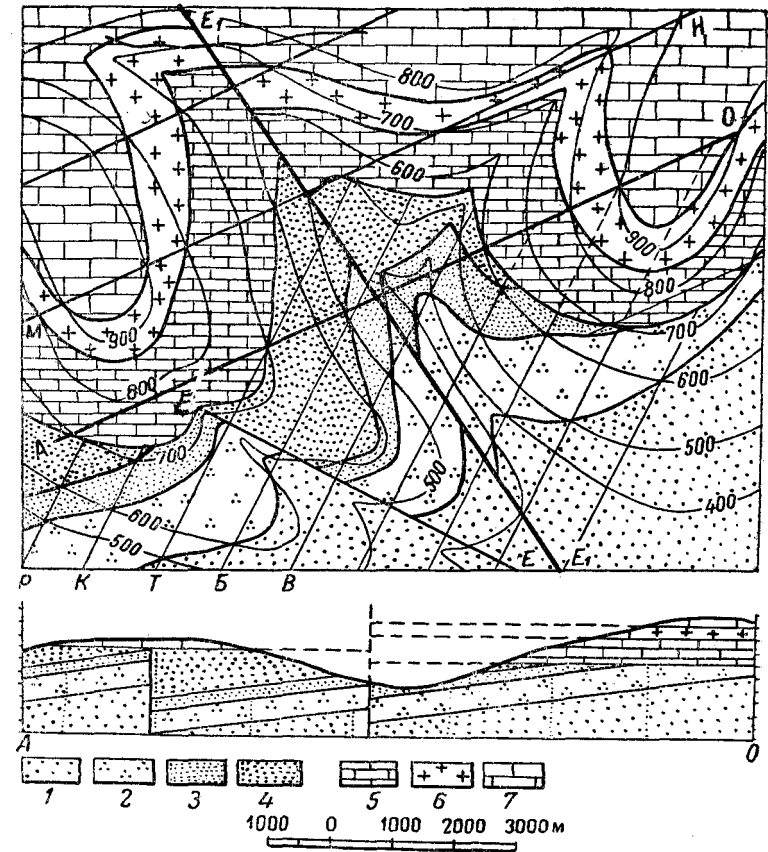
Например, если найдено, что линия простирания плоскости пласта с отметкой 600 м с одной стороны сброса совпадает с линией простирания той же самой плоскости пласта с отметкой 400 м с другой стороны, то вертикальное смещение будет 200 м. Если такие линии простирания не совпадают, тогда должны быть проведены между ними добавочные.

В более сложных случаях, приступая к анализу изображенной на геологической карте структуры (фиг. 122), вначале надо установить элементы залегания слоев.

На приведенной карте имеются два нарушения — сбросы  $EE$  и  $E_1E_1$ . Первый ( $EE$ ) с простиранием с СЗ на ЮВ, нарушающий нижнюю свиту, кончается у выхода плоскости несогласного залегания и уходит под верхнюю свиту, нарушая только силурийские породы. Из этого можно заключить, что этот сброс должен был произойти после отложения наиболее молодых глинистых пород (нижний известняк), т. е. возраст сброса послесилурийский и докаменноугольный. Второй сброс ( $E_1E_1$ ) нарушает и силурийские и каменноугольные породы, поэтому его возраст определяется как более молодой. Для определения вертикального смещения наблюдаем, что по сбросу  $EE$  линии  $P$  и  $K$  являются линиями простирания с отметками 600 и 700 м, соответствующими кровле мелкозернистого сланцеватого песчаника на южной стороне сброса. Продолжая дальнейшее построение линий простирания для той же самой плоскости пласта, можно наблюдать их на отметках 800, 900 и 1000 м. Но линия простирания  $B$ , перейдя на другое крыло сброса, становится, как это видно по карте, линией простирания с отметкой 600 м и для той же самой плоскости пласта; таким образом, линия простирания с отметкой 1000 м на южном крыле сброса становится линией простирания с отметкой 600 м на северном крыле, поэтому вертикальное смещение пластов северного крыла по сбросу должно быть равным разнице между этими величинами, т. е. 400 м.

Для сброса  $E_1E_1$  линия  $MN$  есть линия простирания с отметкой 800 м, соответствующая основанию песчаника на юго-запад-

ном крыле сброса, которая при продолжении ее через сброс становится линией простирания с отметкой 700 м для той же самой плоскости пласта. Отсюда находим вертикальное смещение северо-восточного крыла сброса в 100 м.

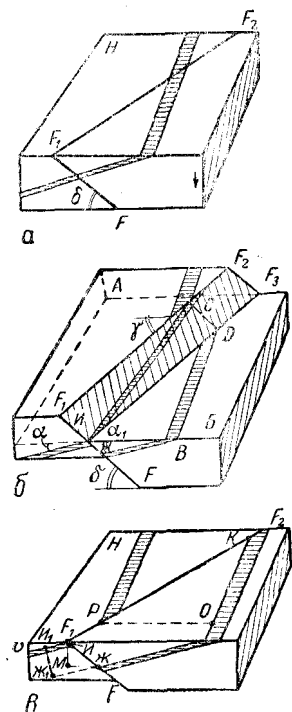


Фиг. 122. Геологическая карта района с разрывными нарушениями ( $EE$  и  $E_1E_1$  — сбросы;  $AO$  — линия геологического профиля).

Породы силура: 1 — конгломераты; 2 — песчаники аркозовые; 3 — песчаники мелкозернистые сланцеватые; 4 — песчаники глинистые. Породы карбона: 5 — известняки; 6 — песчаники; 7 — известняки швагериновые.

Подобно этому можно показать, что сброс образует то же самое вертикальное смещение при нарушении силурийской серии. Это видно из того, что линия простирания  $B$ , проведенная по основанию мелкозернистого сланцеватого песчаника на юго-западном крыле сброса на высоте 500 м, продолжается в линию простирания с отметкой 400 м на северо-восточном крыле сброса.

Обращаясь к определению пространственного положения сбрасывателей, наблюдаем, что оба сброса пересекают карту в виде-



прямых линий, т. е. их выход не изменен рельефом, следовательно, сбросы вертикальные.

Определение величин горизонтального смещения  $A_r$  можно получить аналитическим путем.

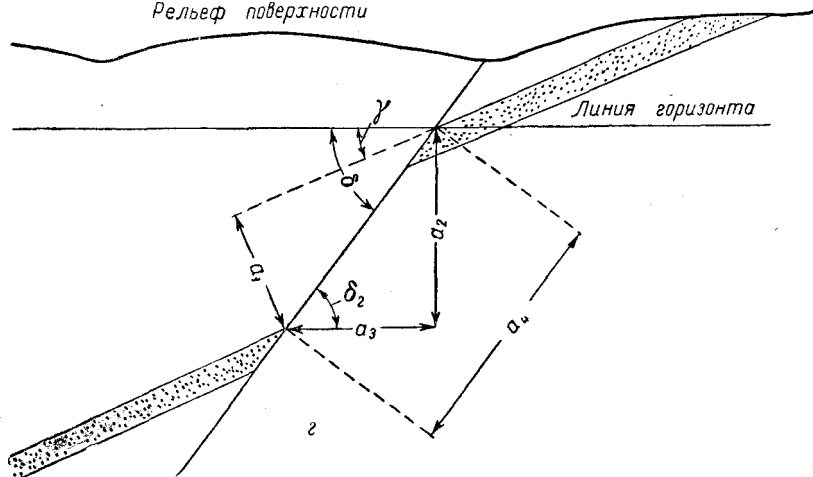
На фиг. 123 последовательно показано развитие разрывного нарушения. Плоскость смещения обозначена  $F, F_1, F_2$ . В горизонтальной плоскости  $H$  (фиг. 123, б) различают следующие элементы:

$KP$  — разобщение — расстояние между двумя частями нарушенного горизонта, измеренное в горизонтальной плоскости по простиранию сместителя;

$OP$  — отход смещения или нормальное горизонтальное разобщение, измеряемое в случае, если горизонтальное разобщение перпендикулярно простиранию разрываемого горизонта;

$OK$  — переброс (или сдвиг), представляющий перемещение сопряженных точек горизонтального сечения по простиранию пласта или свиты.

Рельеф поверхности



Фиг. 123. Определение элементов смещения при разрывном нарушении.

$a$  — положение пласта до смещения;  $б$  — правая часть пласта смещена вниз;  $в$  — положение пласта после размыва в результате нивелирования поверхности;  $г$  — определение всех элементов смещения (сброса).

$a_1$  — стратиграфическая высота сброса;  $a_1 = a_4 \sin(\delta - \gamma)$ ;  $a_2$  — вертикальная высота сброса;  $a_2 = a_4 \sin \delta$ ;  $a_3$  — горизонтальная проекция сброса;  $a_3 = a_4 \cos \delta$ ;  $a_4$  — наклонная высота сброса;  $a_4 = \frac{a_1}{\sin(\delta - \gamma)}$ ;  $\gamma$  — угол падения пласта;  $\delta$  — угол падения плоскости сместителя.

В вертикальной плоскости  $V$ :

$ИЖ$  — наклонная величина смещения;

$ИМ$  — вертикальное смещение (размах);

$ИЖ^1$  — амплитуда смещения — стратиграфическая высота;

$МЖ$  — зияние (горизонтальное смещение).

Разберем последовательные фазы формирования этого смещения.

Положение пласта до смещения изображено на фиг. 123, а. Под действием радиальных усилий правая часть блока  $B$  опускается и перемещается в новое положение (фиг. 123, б). После размыва выступающей части  $A$  до уровня блока  $B$  наблюдаем схему, изображенную на фиг. 123, в. Смещение сброса (см. фиг. 123, б) — величина видимого перемещения  $A_B = CD$  — измеряется в разрезе, проведенном вкост простирания пласта ( $ИЖ$ ).

Из треугольника  $ИДС$  горизонтальное перемещение по сбросу

$$A_r = ИД = CD \operatorname{ctg} \alpha_1 = A_B \operatorname{ctg} \alpha,$$

где  $\alpha_1$  — видимый угол падения пласта, измеренный в плоскости смещения;

$\alpha$  — истинный угол падения сместителя.

При вертикальном сбросе видимый угол падения пласта  $\alpha_0$  вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \operatorname{tg} \alpha \cos \gamma,$$

где  $\gamma$  — угол между простиранием сброса и направлением плоскости падения пласта.

Вследствие наклонного положения сместителя, угол падения которого обозначим величиной  $\delta$ , имеем

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_0 \cos(90 - \delta) = \operatorname{tg} \alpha_0 \sin \delta.$$

Подставляя сюда значение  $\operatorname{tg} \alpha_0$ , получим

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha \cos \gamma \sin \delta.$$

Учитывая, что  $\operatorname{ctg} \alpha_1 = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_1}$ , имеем

$$A_r = \frac{A_B}{\operatorname{tg} \alpha \cos \gamma \sin \delta}.$$

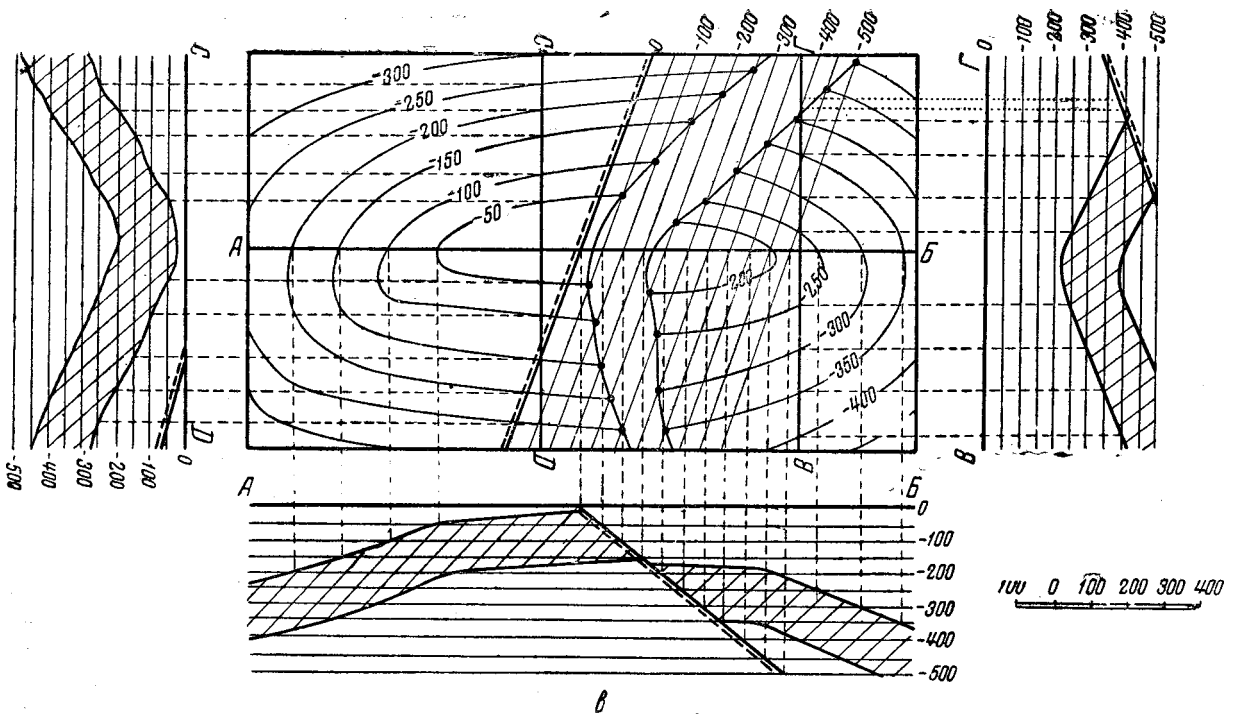
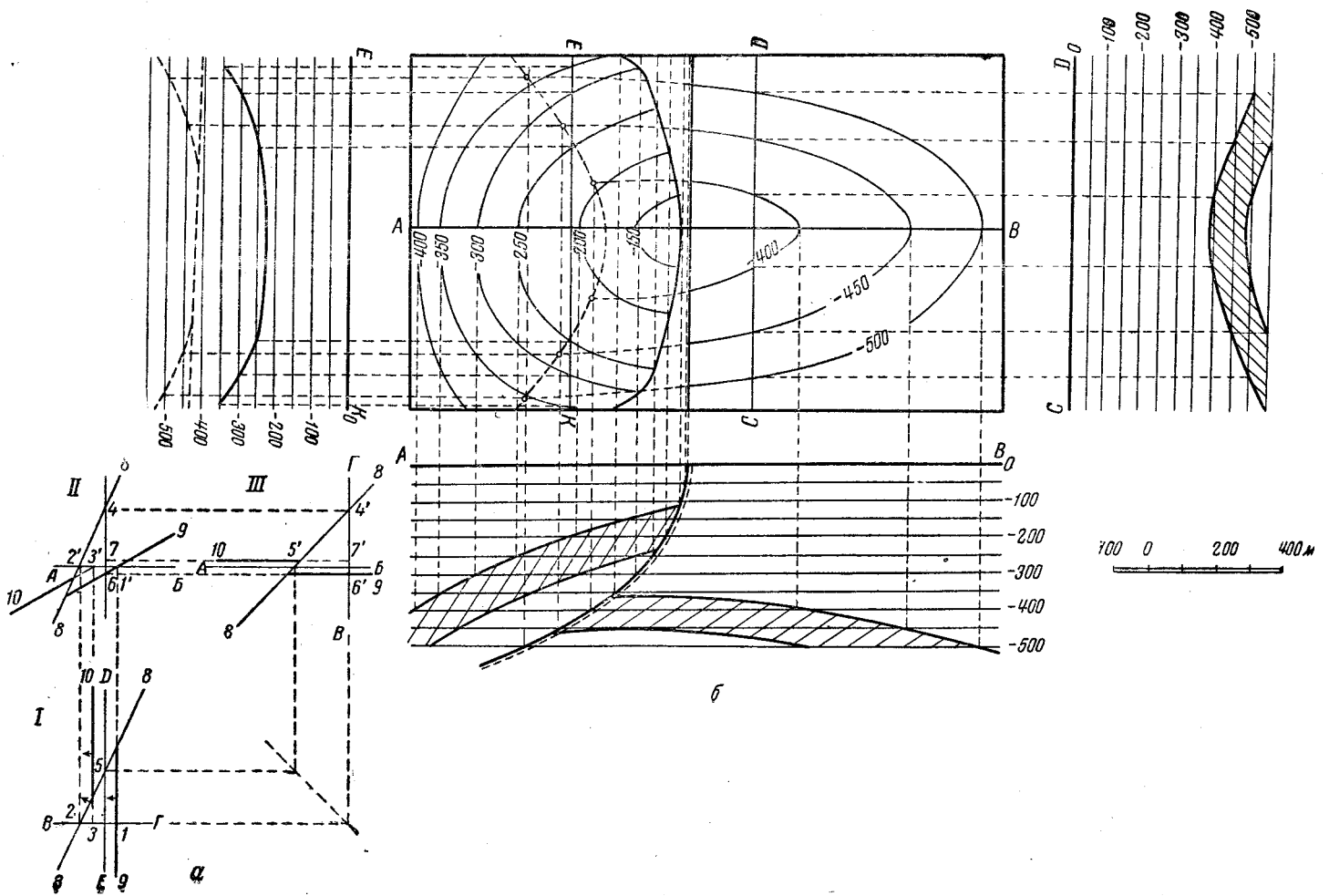
При вертикальном ( $\delta = 90^\circ$ ) и поперечном ( $\gamma = 0^\circ$ ) сбросах

$$A_r = \frac{A_B}{\operatorname{tg} \alpha} = A_B \operatorname{ctg} \alpha.$$

Все остальные величины можно определить путем расчетов, приведенных на фиг. 123, г, или графическим построением геологического разреза вкост простирания пластов.

Эти величины целесообразно определять графическим путем, так как все связанные с этим вычисления отличаются большой сложностью.





Фиг. 124. Разрывные нарушения и методы их графического изображения.

*а* — изображение согласно падающего сброса методом ортогональных разрезов — проекцией: *I* — горизонтальная, *II* — вертикальная — вквост простирания пород (по линии *ВГ*), *III* — вертикальная — по простиранию пород (по линии *DE*); *1-7* и *1<sup>1</sup>-7<sup>1</sup>* — соответствующие точки проекций; *8-8* — сместитель; *9* — лежащий бок пласта; *10* — висячий бок пласта; *б* — структурная карта антиклинальной складки, осложненной взбросом; *в* — структурная карта антиклинальной складки, осложненной сбросом.

Методы графических определений основных величин разрывных нарушений имеют наиболее широкое распространение вследствие своей простоты и достаточно высокой точности. Обычным способом графического изображения разрывных нарушений является метод ортогональных разрезов, который включает три проекции — горизонтальную (план) и две вертикальные. Горизонтальный разрез отвечает ровной поверхности участка земной коры. Один из вертикальных является поперечным к простиранию структуры, в котором находят действительное выражение форма, положение и мощность пласта (или свиты) к разрывному нарушению. Вторая вертикальная проекция (не всегда обязательная), является перпендикулярной к первой, называется продольной и располагается по простиранию структуры.

Используя данный метод изображения разрывных нарушений в трех сопряжениях между собой проекциях (по М. А. Усову), рассмотрим несколько примеров.

На фиг. 124, а в горизонтальной проекции (I) приведено нарушение, характер которого требуется определить. Для решения задачи проведем вкрест простирания пласта вертикальную плоскость, след которой выразится линией *ВГ*, по которой построим вертикальный (поперечный) разрез. Во второй проекции (II), представляющей вертикальное сечение, след этой плоскости выразится горизонтальной прямой *АВ*, условно принимаемой за нулевую поверхность построения, на которую перенесем все точки, находящиеся на плане (проекция I), т. е. точки пересечения горизонтальных следов лежачего бока пласта и сместителя (1 и 2). Что касается следа висячего бока пласта, то в горизонтальном сечении он непосредственно не доходит до следа плоскости *ВГ*. Но продолжая след висячего бока пласта до этой линии, проектируем точку 3 на след горизонтальной плоскости *АВ*. Через точку 3<sup>1</sup> прошел бы пласт висячего бока, если бы не было сместителя. Поэтому проводим через указанную точку след пласта под данным углом и находим его пространственное положение по другую сторону сместителя. Так получается поперечное вертикальное сечение II, в котором углы падения пластов отвечают действительным, тогда как угол падения сместителя должен быть уменьшен на некоторую величину, поскольку поперечное сечение не перпендикулярно к его простиранию (проходит по косому направлению); величину угла определяем из таблиц, приведенных в приложении I.

Перейдем теперь к построению продольного вертикального сечения, т. е. второй вертикальной проекции III. Располагаем его сбоку поперечного сечения, с правой стороны. Проводим след горизонтальной поверхности *АВ* и на ней отмечаем где-либо след вертикальной поперечной плоскости *ВГ*. Оба следа плоскости *ВГ* на проекциях I и III продолжаем до пересечения и делим образованный ими угол пополам. Это построение необходимо для проектирования точек с горизонтальной проекции (I) на профильное сечение (проекция III). Определяем наиболее удобное для построения положение профильного сечения, проводим на поперечном и гори-

зонтальном сечении следы этой плоскости (линия *DE*). Намечаем в профильном сечении (проекция III) сначала линию нарушения, для чего сносим точки 4 и 5; отвечающие им проекции 4' и 5' должны быть на следе поперечного сечения *ВГ* и на следе горизонтального сечения *АВ*. Что касается линий сечения пластов, то они пройдут через точки 6' и 7' и должны представиться горизонтальными линиями, ибо это линии простирания пластов.

Итак, три взаимно перпендикулярные сечения совершенно ясно рисуют элементы согласного сброса. Представление об этой форме может еще более уточниться, если построить сечения по плоскостям, проходящим в других местах, например захватывающим в данном горизонтальном сечении оба крыла пласта. Примеры нарушений, осложняющих структурные карты сбросом и взбросом приведены на фиг. 124, б, в.

#### § 4. Генетическая связь между складчатыми и разрывными нарушениями

Ознакомившись с условиями образования различных видов трещин и разрывных смещений в отдельности, необходимо определить общую картину развития разрывных тектонических движений на фоне всего процесса складкообразования (тектогенеза) в целом.

Все осадочные образования — горные породы, подвергнутые значительному боковому давлению, изменяются под их действием таким образом, как это определяется в основном физическими свойствами вещества и характером напряжения.

В результате возрастания бокового давления имеет место следующая последовательность явлений.

1. Деформация — почти одновременная с отложением породы (осадка) — складкообразование и смещение мягких или рыхлых осадочных отложений при малой нагрузке или при полном отсутствии ее. Подобные перемещения вниз по склону наблюдаются под водой (обвалы, подводные оползни, грязевые потоки и т. д.), сопровождаются межформационными смятиями, имеющими местное распространение и находящимися между ненарушенными пластами.

2. Местная и региональная складчатость с развитием складок (антиклиналей и синклиналей и др.), имеющих генетическую связь с крупными структурами.

Наряду с такими формами складчатости наблюдаются второстепенные формы, такие, как складки волочения (плойчатость), вторичная сланцеватость как результат трещиноватости или течения (в силу пластичности) пород, которые в целом значительно усложняют полевые наблюдения, но требуют к себе максимального внимания при их изучении, так как помогают в расшифровке тектоники исследуемой площади.

Рассмотрим наиболее характерные из этих форм. К их числу относятся мелкие асимметричные изгибы, возникшие в пластичных слоях во время складкообразования. Такие складки наиболее четко

прослеживаются в тонких слоях в линзообразных массах, переслаивающихся с нормально слоистыми породами (фиг. 125).

Складки волочения могут быть обусловлены и связаны разрывными нарушениями, куполовидной складчатостью и другими тектоническими формами.

Все эти структурные формы имеют широкое распространение в складчатых и деформированных иным способом породах. Эти складки характеризуются различной ориентацией по отношению к плоскостям, ограничивающим пластообразные массы, среди которых они находятся.

Типичные примеры складок волочения приведены на фиг. 126, где изображены формы таких складок с обозначением пространственного положения кровли и подошвы пластов. На фиг. 127, а и б между двумя плотными пластами расположен пластичный слой, сложно смятый складками волочения. Осевые плоскости каждой из второстепенных складок (фиг. 127, в) волочения приблизительно параллельны осевой плоскости складки (антиклинали или синклинали).

Складки волочения являются одним из основных критериев для определения подошвы и кровли слоев.

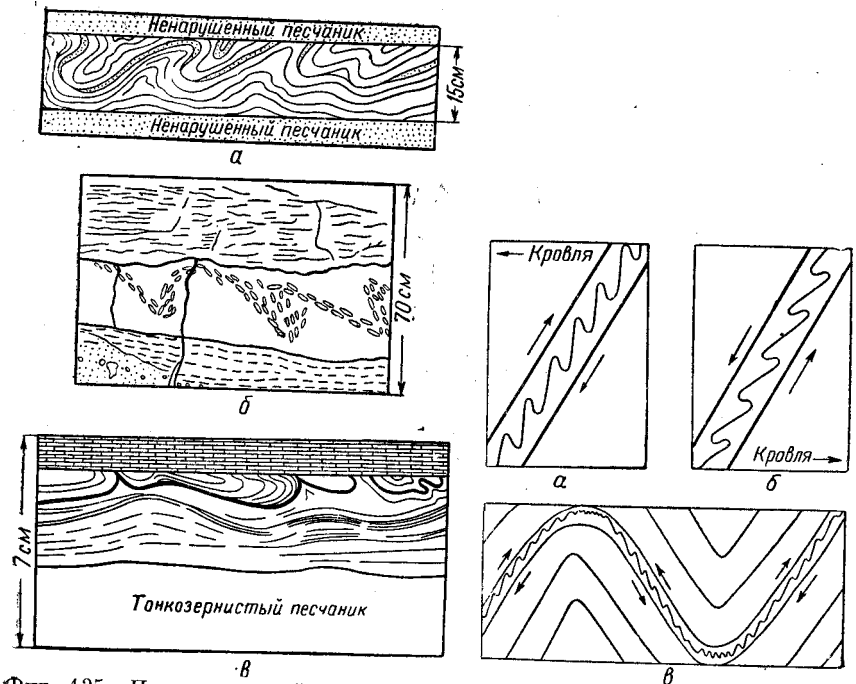
Вслед за складчатыми нарушениями следуют разрывные.

Известно, что все разрывы возникают в земной коре в результате того, что предел прочности пород оказывается перейденным. Все они образуются после пластических деформаций, когда последние в данных условиях становятся уже более невозможными. Однако различные разрывные движения генетически связаны с разными пластическими деформациями.

Надвиги и сдвиги тесно связаны со складчатыми движениями и являются результатом их дальнейшего развития. В каждом отдельном случае надвиг или сдвиг, являясь движением по трещине скалывания, следует за пластической деформацией, выраженной складчатостью.

Трещины, связанные с изгибанием земной коры, и сбросы представляют собой явления одного ряда. Трещины с течением времени вследствие разрастания переходят в сбросы. И трещины и сбросы являются результатом одного общего процесса растяжения, происходящего в тех местах, где земная кора, выгибаясь под влиянием вертикальных сил, увеличивает свою поверхность.

Если этот процесс имеет место в складчатых зонах, он происходит после складчатости. Трещины и разрывы секут полные складки независимо от их очертания, а в зависимости лишь от общей формы сводообразного поднятия. При этом вертикальные восходящие силы, стремящиеся выгнуть вверх земную кору, встречая ее сопротивление, сначала вызывают в глубоких ее частях пластические деформации или течение вещества из мест большего сдавливания в места меньшего сдавливания. Это течение приводит непосредственно к складчатости; земная кора начинает выгибаться вверх. Сперва изгибание идет пластическим путем, а затем, когда растяжение

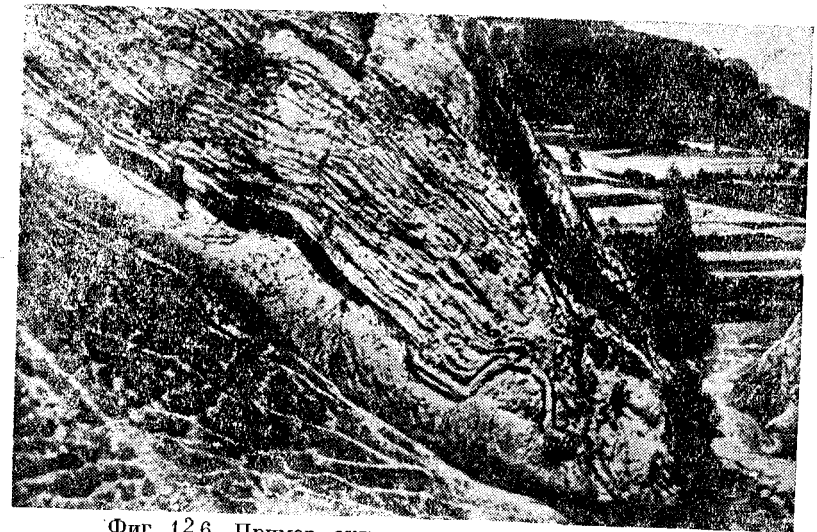


Фиг. 125. Примеры межформационных смятий, вызванные деформациями, одновременно с отложением осадков.

а — смятые песчано-глинистые породы среди ненарушенных пластов песчаника; б — смятый в складки слой известняка с галькой среди плотных пород; в — полусчатый алеврит, смятый в складки, залегающий среди ненарушенных песчаников.

Фиг. 127. Типы складок волочения.

а — нормальное залегание пластов; б — опрокинутое (перевернутое) залегание пластов; в — схема, показывающая общее отношение складок волочения к слоям в нормальных антиклинальных и синклиналиальных складках.



Фиг. 126. Пример складки волочения в сланцах, 14 И. И. Буйлов.

переходит предел прочности пород, завершается образованием трещин и сбросов.

Растрескивание с образованием больших трещин изгиба и сбросов приурочивается таким образом к эпохе макроколебаний. Складкообразование, однако, может в этих случаях выразиться возникновением концентрических вторичных складок, сопровождающихся раздавливанием и выжиманием слоев на сводах поднятий.

Особое положение в истории развития структуры земли занимают констатированные в разных местах разрывные нарушения, которые характеризуются тем, что движение по ним продолжается в течение длительного времени; они неоднократно меняют свое направление и развиваются одновременно с осадконакоплением. Движения участков коры, ограниченных такими разрывами, носят полностью характер колебательных движений, но связанных не с пластическим изгибанием коры на границе между участками противоположного движения, как обычно, а со смещением по трещинам, и возможно обусловлено перемещениями по разрывам в кристаллическом фундаменте (на платформах). В результате участки, разделенные такими нарушениями, обнаруживают совершенно различный разрез развитых в их пределах осадочных толщ.

Последовательность разрывных нарушений и их взаимосвязь с другими тектоническими движениями при изучении этих явлений могут быть изображены схематично и могут изменяться и усложняться в зависимости от местных геологических особенностей.

**Вторичная сланцеватость, или кливаж<sup>1</sup>, как явление пограничное между складчатыми и разрывными нарушениями**

Сланцеватость — это свойство горных пород раскалываться или распадаться по некоторым определенным направлениям, обусловленным ориентированным расположением минеральных зерен или плоскостей спайности некоторых минералов на тонкие параллельные слои. Различают первичную сланцеватость, параллельную напластованию, и вторичную, направленную под некоторым углом к напластованию (кливаж).

Вторичная сланцеватость широко распространена в толщах, смятых в складки, и вызывается в горных породах боковым (тангенциальным) давлением. Направление ее всегда перпендикулярно направлению давления и направлено под некоторым углом к плоскости напластования.

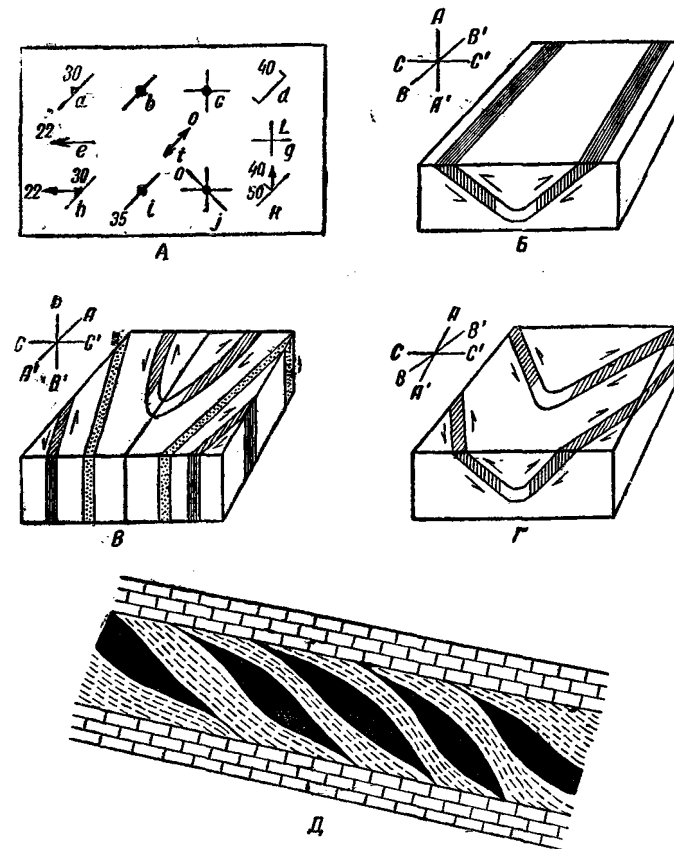
Элементы обеих групп сланцеватости измеряют тем же способом, как и напластование. Простираение сланцеватости — это направление горизонтальной линии в плоскости сланцеватости; угол падения — угол между плоскостью сланцеватости и горизонтальной

<sup>1</sup> Термин «кливаж» не имеет четкого определенного значения, применяется для обозначения как сланцеватости, так и трещиноватости; в настоящее время он является геологическим термином, не имеющим широкого распространения.

плоскостью, измеряемый под прямым углом к простираению. На геологических картах для обозначения сланцеватости употребляют специальные значки (фиг. 128, А).

Вторичная сланцеватость подразделяется на сланцеватость (кливаж) течения, сланцеватость (кливаж) разлома, сланцеватость (кливаж) скалывания.

Сланцеватость течения, которую иногда называют сланцеватостью осевой плоскости, обусловлена параллельной ориентацией



Фиг. 128. Сланцеватость и формы ее проявления.

А — условные обозначения сланцеватости на карте: а — угол падения сланцеватости, равный 30° на СЗ, б — вертикально ориентированная, простирающаяся на СВ 45°, с — горизонтально ориентированная, d — сланцеватость, падающая под углом 40° на СЗ (другой тип обозначения), e — погружение линейной ориентировки под углом 22° на запад, t — горизонтальная проекция линейной ориентировки, g — вертикальная проекция, h — сланцеватость, падающая под углом 30° на СЗ, линейная ориентировка погружается под углом 22° к западу, i — вертикально ориентированная сланцеватость, j — горизонтальная слоистость, линейная ориентировка простирается на СЗ; k — напластование, падающее под углом 50° на СЗ, линейная ориентировка погружается под углом 40° на север. Сланцеватость течения, наблюдаемая в складках: Б — линейно вытянутой, В — вертикально погружающейся и Г — погружающейся на север; Д — S-образная сланцеватость в глинистом слое среди известняков.

пластичных минералов (роговой обманки, слюд и хлоритов). Плоскости сланцеватости секут всю породу и отстоят друг от друга на расстоянии долей миллиметра. Это явление образуется в результате пластической деформации. Масса породы изменяет форму, укорачиваясь в направлении, перпендикулярном к сланцеватости, и удлиняясь в направлении, параллельном последнему. Внутренние изменения в породе аналогичны тем, которые бывают при пластической деформации, когда происходят дробление и вращение зерен, скольжение и перекристаллизация.

Сланцеватость разлома является в сущности тесно связанной трещиноватостью. Здесь минералы в породе своими удлиненными сторонами не ориентированы параллельно сланцеватости разлома; сланцеватость подчиняется законам разрывных трещин с отсутствием смещений по плоскостям разрыва.

Разновидностью сланцеватости разлома является сланцеватость скальвания (или сланцеватость смещения). Последняя характеризуется тем, что вдоль трещин образуются маленькие сбросы.

Изучение связи вторичной сланцеватости и напластования складчатых форм при решении задач структурной геологии имеет весьма существенное значение.

В линейно вытянутой складке (фиг. 128, *Б*) пласты скальваются один относительно другого в направлении, противоположном падению. Сланцеватость течения простирается параллельно напластованию. В погружающихся складках (фиг. 128, *В*) следы сланцеватости течения в пластах расположены под углом к следам напластования на горизонтальной плоскости, но на вертикальной плоскости, например на передней части блока, они будут параллельны следам напластования. Типичный случай, когда складка погружается под углами 30—50°, показан на фиг. 128, *Г*. Сланцеватость расположена под углом к напластованию на горизонтальных и вертикальных разрезах.

Сланцеватость течения является результатом комбинированного действия скольжения отдельных участков пласта по многим поверхностям срезывания и нередко сопровождается разлинзовыванием пород и даже распадением целого пласта на линзы или эллипсоиды.

Характер движения по поверхностям сланцеватости течения хорошо наблюдаем там, где эти поверхности пересекают границу слоя. В таких местах края пласта обнаруживают зазубренность, как бы бахромчатость, и соседние слои взаимно проникают один в другой.

Примером сланцеватости течения является S-образная форма ее (фиг. 128, *Д*). Этот тип отличается от обычной сланцеватости тем, что поверхности здесь изогнуты в пределах каждого слоя в виде буквы «S» и таким образом не продолжают прямо из одного пласта в другой. Направление изгиба таково, что на крыле антиклинали верхняя часть кливажной поверхности искривлена вверх — к своду складки, нижняя же часть искривлена вниз — к замку синклинали.

Типы и разновидности вторичной сланцеватости можно расположить в той последовательности, в которой они, вероятно, образуются в природе.

Наиболее ранним является, по видимому, сланцеватость напластования, отражающая то послойное перераспределение материала, которое представляет основу складкообразования.

В дальнейшем процесс развивается в зависимости от степени пластичности деформации. Если пластичность последней велика и движение имеет рассеянный характер, создаются условия для образования сланцеватости течения, параллельного осевой поверхности складки и секущего слоя с явлением взаимного проникновения на их границах.

После высокопластичной стадии может наступить стадия менее пластичная — стадия изгиба, когда большую роль получает концентрическое скольжение слоев. Это время образования S-образной сланцеватости. К той же стадии относится формирование и веерообразной сланцеватости — сланцеватости разлома.

## § 5. Краткие понятия о тектониках

Все породы, испытавшие в силу тектонических причин, т. е. под влиянием движения вещества земной коры, те или иные изменения в структуре, текстуре, составе, форме и размещении своих элементарных частей, носят название **тектонитов**. При раздроблении порода (или отдельные минералы) разламывается на куски, обычно остроугольной и неправильной формы, которые смещаются с прежних своих мест и перекатываются. Размеры таких обломков могут быть весьма различны — от микроскопических до огромных глыб в десятки и даже сотни метров в поперечнике. Грубое раздробление, приводящее к разламыванию породы на куски, ведет к образованию **тектонических брекчий**.

Пространства между крупными обломками и глыбами в таких брекчиях заполнены обычно «мукой» и «песком» трения — кусочками тех же мелко раздробленных пород.

Тектонические брекчии сопровождают разрывные смещения большого масштаба. Они встречаются вдоль поверхностей надвигов, сбросов, сдвигов и взбросов. Основное различие между брекчиями надвиговыми и сбросовыми сводится, как это было указано выше, к тому, что в надвиговых брекчиях совершенно не обнаруживается постороннего (принесенного) материала, тогда как в сбросовых брекчиях он весьма обычен. Кроме того, в сбросах куски брекчий обычно более угловаты и беспорядочнее нагромождены, тогда как большое давление в подошве надвига ведет к грубой обработке глыб и обломков — к их откатке и шлифовке, к их хотя бы грубо ориентированному расположению длинной осью по направлению движения.

Изучая переход от брекчии в не затронутую раздроблением породу, отмечаем, что он совершается через так называемый **орешник** (какирит), который отвечает самой начальной стадии дробления.

Орешником называется порода, пронизанная множеством перекрещивающихся трещин (крупных и мелких), разделяющих ее на отдельности, которые, однако, еще не смещены со своего нормального положения.

Частичное или полное раздробление горной породы под влиянием тектонических процессов называется **катаклизмом**. Последний развивается приблизительно в тех же условиях, что и брекчии, но более свойственен надвигам, чем сбросам. Катаклизмы обычно сопровождаются срезыванием, и оба эти явления приводят к милонитизации<sup>1</sup>.

Срезывание состоит в разделении породы на тонкие пластины, которые скользят относительно друг друга, не нарушая при этом цельности породы. Это приводит к образованию тектонических сланцев.

Крайним результатом рассеивания срезывания являются милониты. В строении последних наблюдаются обычно следы как очень мелкого развальцевания или размалывания зерен, которые как бы раскатываются, приобретая удлиненную, линзовидную или чешуйчатую форму, так и тонкого катаклаза.

Самым важным признаком тектонитов является сланцеватость, или ориентировка минералов.

Изучение тектонитов заключается в исследовании ориентировки минералов с целью определения направления и характера движения, приведшего к образованию данной породы.

## Глава VII

### ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

#### § 1. Понятия о магме и лаве

Магма представляет сложный силикатный раствор с большим количеством слагающих его различных химических веществ; она в большой степени насыщена парами и газами, которые удерживаются в ней благодаря высокому давлению, оказываемому выпележащими толщами земной коры.

Сложные магматические растворы пребывают в равновесии только до тех пор, пока физико-химические условия магмы остаются неизменными. Как только эти условия нарушились, тотчас же происходит дифференциация ее сложного раствора на более простые магмы.

Различают дифференциацию магматическую, при которой происходит расщепление магмы на жидкие магмы, и дифференциацию кристаллическую, для которой характерно выделение твердых минералов по их удельным весам в то время, пока расплавленная магма в целом еще не затвердела. Горные породы, образующиеся из магмы при ее остывании, называются **магматическими** или **изверженными**.

При прорыве литосферы магма изливается на поверхность в виде лавы, превращается в твердые горные породы; последние называются **излившимися**, **вулканическими** или **эффузивными**. Если магма, не выходя на дневную поверхность и застывает на глубине, внедряясь в толщу пород, то породы называются **глубинными** или **интрузивными**.

Упомянутые две формы магматизма играют различную роль в общем процессе развития структуры земли. Интрузии осложняют внутреннее строение коры появлением тел весьма различной геометрической формы, секущих и согласных, тогда как эффузии приводят к образованию прослоев, покровов и слоев магматического материала, залегающих среди или поверх пластов осадочных горных пород.

подавляющее большинство интрузий наблюдается там, где слои смяты в складки, причем по времени своего проявления интрузии преимущественно принадлежат к тому же геотектоническому циклу, к которому относится и складчатость.

<sup>1</sup> См. раздел «Классификация разрывных нарушений».

## Основные признаки интрузивных и эффузивных пород и зависимость их от условий образования пород

Строение пород, обусловленное формой и взаимным расположением слагающих породу минералов, различимое простым глазом или под микроскопом, называется *структурой*.

Среди наиболее распространенных структур магматических пород различают кристаллозернистую или гранитовую, когда все минералы, входящие в состав породы, представляют кристаллические зерна, приблизительно одинаковой величины; гранито-порфировую с выделением среди одинаковых кристаллических зерен более крупных кристаллов, имеющих вид вкрапленников; порфировую — с выделением отдельных кристаллов среди скрытокристаллической или амфорной стекловатой массы, и стекловатую, когда вся порода под микроскопом представляется мельчайшими трудно различимыми кристаллами (табл. 10).

Под *текстурой* или сложением понимается внешний облик горных пород, обусловленный общим характером расположения слагающих их минералов или группы последних.

Для изверженных пород характерна массивная структура, для осадочных — слоистая, для метаморфических — сланцеватая.

Массивная структура характеризуется тем, что при раздроблении породы последняя раскалывается как однородное тело без преобладающего направления или плоскости разлома.

Если в породе наблюдается сложение ее из кристаллических минералов, текстуру называют массивно-кристаллической или кристаллической. Если составные части породы различить нельзя и последняя кажется однородной, то текстура называется массивно-афанитовой.

Массивно-полосчатая или массивно-слоистая текстура определяется при наличии цветных полос или плоско-параллельном расположении составных частей, как у гранито-гнейса. При концентрическом расположении минералов в массивной породе прослеживается шаровая текстура.

В современных лавовых образованиях наблюдается массивно-пузыристая, а у древних лав массивно-миндалевидная структура (пустоты заполнены минеральными новообразованиями в форме миндалин). Текстура и структура изверженных пород являются признаками, которыми пользуются при введении в классификацию еще одного фактора — условий образования пород. Текстура массивно-кристаллическая и структуры полно-кристаллическая или гранитная и гранито-порфировая свойственны глубинным породам. Текстуры афанитовая, пористая, миндалевидная и структуры порфировая, стекловатая характерны для пород излившихся.

По химическому составу интрузивные породы не отличаются от эффузивных, и для каждой интрузивной породы можно найти соответствующую по химическому составу эффузивную породу. Это доказывает, что магма, давшая начало как интрузивным, так и эффузивным породам, химически является одинаковой, а различие

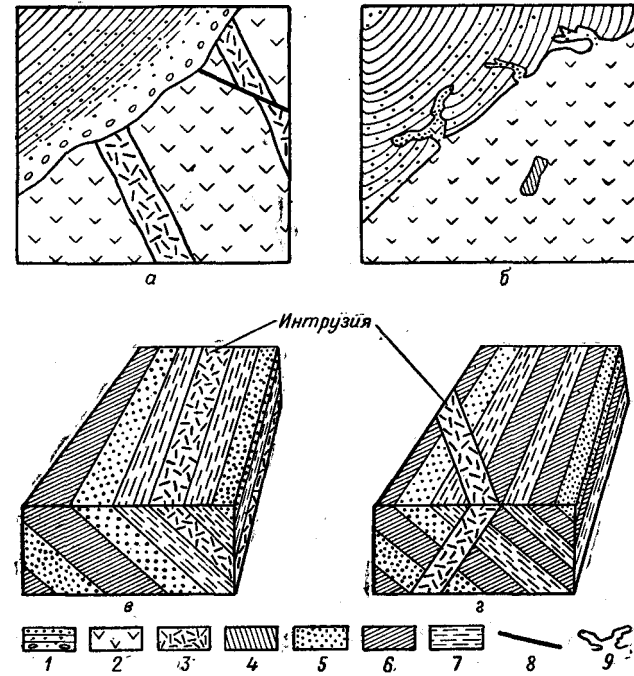


## Основные признаки магматических горных пород

Условия залегания	Структура	Минералогический состав и соотношение минералов						Нефелин, лейцит и другие фельдшпаты. Полевые шпаты, биотит, амфиболы, пироксены	Полевых шпатов нет. Пироксены, амфиболы, биотит		
		Ортоклаз, плагиоклаз, биотит, амфиболы, пироксены		Плагиоклаз, ортоклаз							
				Амфиболы, биотит		Пироксены					
		Кварц	Кварца мало или нет	Кварц	Кварца мало или нет	Оливина нет	Оливин				
Интрузивные тела крупных и средних размеров	Яснозернистая (большая частью средне- и крупнозернистая)	Граниты и гранодиориты	Сиениты	Кварцевые диориты	Диориты	Габбро	Оливиновое габбро	Нефелиновые сиениты (фойяиты и др.)	Пироксениты и горнблендиты	Перидотиты (с пироксенами), дуниты (с хромитом)	
Жилы, пластовые интрузии, краевые зоны крупных интрузий и связанные с ними мелкие интрузии	Мелкозернистая до скрытозернистой	Граниты, гранодиориты, аплиты	Сиениты, сиенит-аплиты	Кварцевые диориты, кварцевые диорит-аплиты	Диориты, диорит-аплиты	Габбро, габбро-аплиты	Оливиновое габбро, оливиновое габбро-аплиты	Фойяиты, фойяит-аплиты	—	—	
	Порфировидная (мелко- или скрытозернистая порода с более крупными выделениями)	Гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры	Сиенит-порфиры	Кварцевые диорит-порфиры	Диорит-порфиры	Габбро-порфиры	Оливиновые габбро-порфиры	Фойяит-порфиры	—	—	
	Пегматитовая (очень крупнозернистая)	Пегматиты									
Потоки, покровы (наземные и подводные), а также жилы и другие мелкие интрузии	Порфировая (скрытозернистая порода с выделениями или без них)	Палеотипные (сильно измененные)	Кварцевые порфиры	Бескварцевые порфиры (ортофиры)	Кварцевые порфиры	Порфиры	Диабазы и микродиабазы	Оливиновые: диабазы, микродиабазы и мелафиры	Фоколиты Цикриты или пинритовые порфиры		
		Кайнотипные (свежие)	Липариты	Трахиты	Дациты	Андезиты	Безоливиновые базальты	Базальты			Авгититы
Верхние части покровов, краевые части жил	Стекловатая	Кислые вулканические стекла: перлит, пемза, смоляной камень, обсидиан		Средние вулканические стекла: андезитовый обсидиан		Основные вулканические стекла: базальтовый обсидиан, тахилит		—	—	—	
Наземные и подводные отложения — слоистые, а также в неслоистых массах	Обломочная (различные туфовые структуры)	Туфы соответствующего состава (с примесью осадочного материала — туффиты)							—	—	—

текстуры и структуры горных пород зависит от условий их образования.

Интрузивная изверженная порода может быть либо древнее, либо моложе окружающих образований. Если интрузивная порода древнее, то окружающие породы залегают на ней несогласно (фиг. 129, а). Если изверженная порода моложе, чем окружающие образования, то наблюдается интрузивный контакт (фиг. 129, б).



Фиг. 129. Относительный возраст интрузивных и вмещающих пород.

1 — песчано-глинистые породы; 2 — гранит; 3 — дайны диорита; 4 — включения; 5 — апофизы; 6 — глинистый сланец; 7 — рыхлые известняки; 8 — смещение; 9 — граница контакта.

Иногда более древние породы, в которые проникает интрузия, характеризуются слоистостью или сланцеватостью; при этом, если контакты интрузии параллельны слоистости или сланцеватости более древних пород, то интрузия называется согласной (фиг. 129, в), если же контакты его секут слоистость или сланцеватость более древних пород, то несогласной (фиг. 129, г). Часто наблюдается, что этот контакт может быть согласным в одном районе и несогласным в другом. Например, интрузия, согласная в региональном плане, может нарушать складчатую структуру более древних пород.

### Формы залегания интрузий

По структурной форме и взаимосвязям с окружающими их породами интрузии могут быть разделены на следующие основные виды: батолиты, трещинные интрузии, пластовые интрузии, малые интрузии, лакколлиты и рассеянные инъекции.

**Батолиты** представляют собой большие секущие магматические тела, форма которых не выяснена, так как нам бывает видна только их верхняя часть.

Батолиты располагаются в верхней части земной коры (глубина кровли батолита под поверхностью земли во время застывания интрузии предполагается равной нескольким километрам) и рассеиваются внизу в виде массы тонких послойных включений.

Батолиты принадлежат к складчатым и позднескладчатым интрузиям, образующимся одновременно с процессом складкообразования. Внутренняя структура таких тел и их взаимосвязь со структурой окружающих пород определяются тем, что как внедрение, так и кристаллизация их происходили одновременно со смятием окружающих пород в складки на той или иной стадии процесса складкообразования.

Образование батолитов происходит при активном воздействии магмы на вмещающие породы с полной или частичной их ассимиляцией. Благодаря процессам ассимиляции вмещающих пород контактовые поверхности батолитов отличаются большой сложностью очертаний. Характерно большое количество крупных и мелких выступов — штоков и апофиз.

На Урале батолиты вытянуты вдоль восточного склона хребта, т. е. по краю Тургайской впадины, причем они, несомненно, распространяются и восточнее под покровом мезозойских и третичных осадков. В Тянь-Шане большие батолиты находим в современных горных сооружениях.

**Трещинными интрузиями** называются магматические тела, которые образовались в результате внедрения магмы в трещины, возникающие в процессе тектонического растрескивания земной коры. По времени своего образования трещинные интрузии связаны с вмещающими их трещинами и характеризуются исключительным разнообразием химического состава пород.

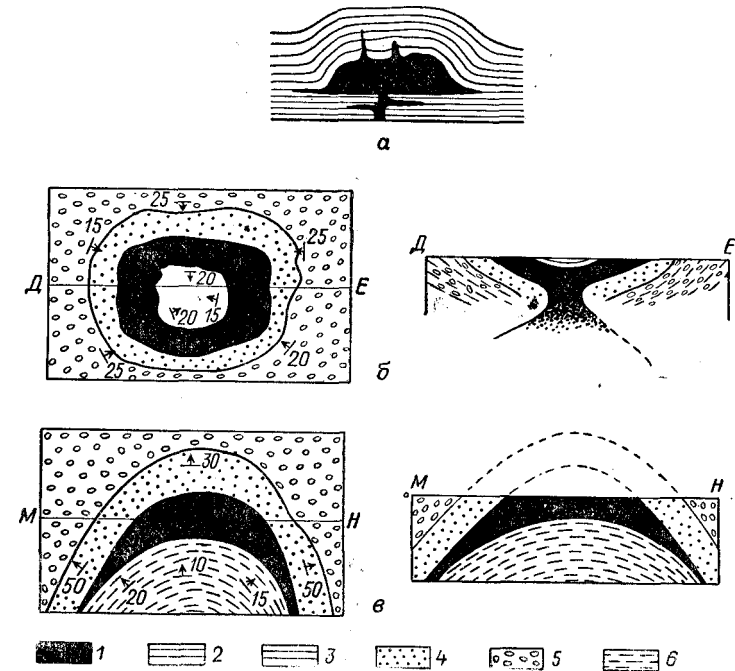
**Пластовые интрузии** резко отличаются от батолитов и трещинных интрузий. При образовании пластовых интрузий магма не просачивается сквозь всю толщу пород, как в батолитах, и не пользуется готовыми трещинами, возникающими в процессе растяжения земной коры, а растекается между слоями по плоскостям наслоений.

Пластовые интрузии наблюдаются среди пород, смятых как в полные, так и в прерывистые складки, а иногда и среди горизонтально залегающих слоев.

Пластовые интрузии приурочены к ниже- и среднеюрским отложениям Главного Кавказского хребта. В Донбассе пластовые интрузии

наблюдаются в девонских отложениях. К девонскому же возрасту относятся большие пластовые интрузии на Урале.

**Малые интрузии.** Широко распространена группа интрузий, которую называют группой малых интрузий. Форма этих интрузий весьма различна; на эрозионном срезе они имеют обычно округлую, иногда очень правильную форму, реже — вытянутую, овальную. Среди малых интрузий важное место занимают лакколлиты.



Фиг. 130. Типичные формы малых интрузий.

а — лакколлит; б — лополит; в — факолит; 1 — изверженные породы; 2, 3, 4, 5, 6 — осадочные породы.

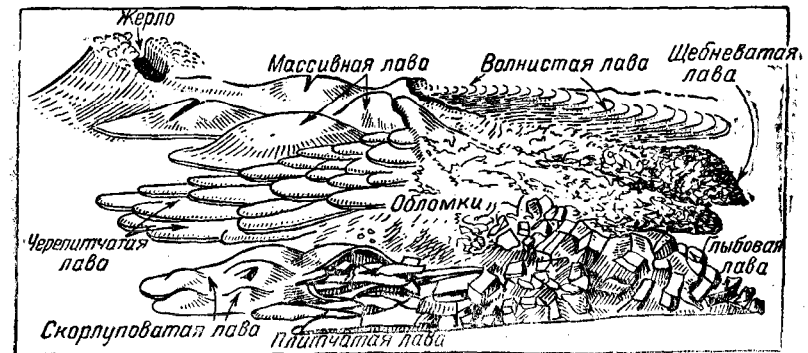
**Лакколлит** — это интрузивное тело, куполообразно приподнимающее слои, между которыми оно внедрено (фиг. 130, а). Если основание его сравнительно горизонтально, лакколлит может быть описан как плосковыпуклый, но если основание выгнуто книзу, лакколлит может быть описан как двояковыпуклый. Особенности формы лакколлитов указывают на то, что образование их происходит в верхних зонах вмещающих толщ. Лакколлиты часто имеют от 3 до 6 км в диаметре, мощность их доходит до тысяч метров. Лакколлиты, у которых отношение диаметра к наибольшей мощности (в центре интрузии) больше 10, называются **силами**.

**Лополит** — это интрузия, связанная со впадиной (фиг. 130, б). В простейшем и идеальном случае осадки выше и ниже лополита падают внутрь по направлению к общему центру.

## Классификация потоков лавы

	Правильные (ровные) поверхности	Неправильные (шероховатые) поверхности
От слабого рыхлого сложения до плотного Остеклованные поверхности, обнаруживающиеся внутри полостей и пузырьков и вдоль отдушин с сосульками и линиями истечения	Массивная лава с весьма значительным поперечным сечением (более 3 м), с буграми или выступами и с трещинами на широких промежутках	Прерывистая или волнистая лава, называемая иногда морщинистой, образуется при складчатом смятии всяких поверхностей под воздействием подстилающей подвижной лавы.
	Черепитчатая лава — тонкая (от 10 до 30 см); отдельные потоки, перекрывающие друг друга подобно черепицам, плотного сложения; могут обнаруживать формы подушек и пальцев	Щебневатая лава обломочного шлаковидного характера; слабо трещиноватые поверхности; постепенный переход от щебенки к шлаку
	Скорлуповатая лава — тонкие пузыри с непрочными стенками (до 15 см), которые распадаются на плитки и пластинки плитчатой лавы с рыхлым сложением	Глыбовая лава — глыбы ограничены трещинами с четырех или пяти сторон

Покров представляет собой пластообразную с округлым контуром массу кристаллических пород, выступающую на поверхность.



Фиг. 131. Схема, иллюстрирующая формы залегания лавовых (или эффузивных) пород.

Потоками называются такие покровы, которые обнаруживают ясные следы течения в каком-либо одном направлении; в потоке всегда можно отличить длину и ширину. Площади потоков и покровов занимают десятки и сотни тысяч квадратных километров.

Диаметр лополита обычно измеряется десятками или даже сотнями километров, а мощность — тысячами метров.

Факолиты — это интрузии, локализованные в сводах антиклиналей (фиг. 130, в) или в мульдах синклиналей. Факолиты в плане обладают линзообразной формой. Мощность факолитов измеряется сотнями или самое большее тысячей метров. В плане факолиты имеют длину, редко превышающую тысячу метров, замкнутую вокруг гребня. Факолиты образуются вследствие пассивного заполнения магмой полостей, возникающих между слоями при их изгибе во время складкообразования.

К группе несогласных форм залегания интрузивных пород относятся секущие жилы, штоки и батолиты.

Секущие жилы и дайки — это тела изверженных пород, имеющие пластинчатую форму и прорывающие лежащие выше осадочные и метаморфические образования. При этом стенки трещины могли раздвигаться в результате давления интрузирующей магмы или магма могла спокойно подниматься по трещинам, открытым растягивающими силами.

Простая дайка образуется в результате однократной интрузии магмы. Многократная дайка образуется в результате двукратной или многократной интрузии магмы одного же типа. Сложная дайка образуется в результате интрузии магмы двух или более типов. Дифференцированная дайка — это дайка, которая была образована из однородной магмы, но в результате дифференциации в ней образовались породы нескольких различных типов.

Система даек состоит из группы параллельных даек. Если же количество даек очень велико, то применительно к ним употребляют термин групповые дайки.

#### Формы залегания эффузивных пород

Эффузивные, или излившиеся, породы менее разнообразны по своей форме залегания, нежели интрузивные, и это обусловлено тем, что лавовые потоки представляют собой такие пластиноподобные изверженные тела, мощность которых значительно меньше их горизонтальных размеров. Пространственное положение их обусловлено особенностями поверхности земли: на пологих площадях потоки лавы более или менее горизонтальные, но они могут затвердевать и на склонах вулканов, имеющих значительные углы наклона (фиг. 131).

Основными формами залегания эффузивных пород являются следующие.

Купол, называемый также лавовым пузырем. Он представляет собой небольшой куполовидный холм длиной от 6 до 18 м и высотой от 1,5 до 3 м. Обычно параллельно длинной оси купола простирается зияющая трещина, через которую лава могла выйти на поверхность.

Лавы. Классификация потоков лавы приведена в табл. 11.

## Формы залегания лавовых пород

		Происхождение обломков		
Величина обломков, мм	I. Собственно-вулкани- ческие однородного состава	II. Вулканические сме- шанного состава (по кислотности)	III. Агломератные. Об- ломки аффузивных пород и «породные» обломки осадочных, метаморфи- ческих и изверженных пород	IV. Туффиты. Обломки эффузивных пород и одновременно образовав- шиеся осадки: химиче- ские, терригенные и др.
<b>А. Цементированные</b>				
Более 20 . . . . .	Вулканическая брек- чия	Вулканическая брек- чия смешанного состава	Агломератная вулка- ническая брекчия	Осадочно-вулканиче- ская брекчия
2—20 . . . . .	Крупнообломочный туф	Крупнообломочный туф смешанного состава	Агломератный крупно- обломочный туф	Крупнообломочный туффит
0,1—2 . . . . .	Мелкообломочный туф	Мелкообломочный туф смешанного состава	Агломератный мелко- обломочный туф	Мелкообломочный туффит
Менее 0,1 . . . . .	Плотный туф (алеври- товый—0,01—0 1 мм, пе- литовый—менее 0,01 мм)	Плотный туф смешан- ного состава	Агломератный плотный туф	Плотный туффит
<b>Б. Рыхлаые</b>				
Более 20 . . . . .	Вулканические бомбы	Вулканические бомбы смешанного состава	Грубообломочный вул- канический агломерат	Бомбово-обломочные отложения
2—20 . . . . .	Лапилли	Лапилли смешанного состава	Крупнообломочный вулканический агломерат	Туффитовые лапилли
0,1—2 . . . . .	Вулканический песок	Вулканический песок смешанного состава	Мелкообломочный вул- канический агломерат	Туффитовый песок
Менее 0,1 . . . . .	Вулканический пепел	Вулканический пепел смешанного состава	Тонкообломочный вул- канический агломерат	Туффитовый пепел

Пирокластические конусы состоят главным образом из пирокластического материала и могут иметь очень крутые склоны вверх; некоторые из них сложены главным образом из пепла и называются пепловыми конусами.

Сложные конусы состоят из перемежающихся слоев лавы и пирокластического материала.

В простейшем типе вулканического конуса пирокластические породы расположены вокруг кратера, через который могла изливаться лава в виде покровов. Некоторая часть лавы, а во многих случаях большая часть ее выливается через трещины на склонах горы.

Формы залегания лавовых пород приведены в табл. 12.

## Глава VIII

### ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗОН

#### § 1. Платформы

К числу основных типов тектонических зон земной коры относятся платформы и геосинклинали с промежуточными формами между ними.

Платформа (или континентальный массив) представляет собой один из основных геотектонических элементов земной коры, охватывающих обширнейшие территории. В строении платформ всегда принимают участие два комплекса пород: нижний комплекс, смятый в полные складки, образовавшиеся еще в геосинклинальных условиях, и верхний, либо лежащий совершенно спокойно, либо нарушенный лишь прерывистыми складками, собственно платформенный, сформировавшийся уже в обстановке режима платформы. Нижний комплекс называют обычно складчатым основанием или фундаментом платформы. Платформа характеризуется сравнительно небольшой мощностью (2—4 тыс. м) осадочных образований и относительно слабой дислоцированностью последних, являющейся следствием преимущественного проявления волнообразно колебательных движений земной коры.

Платформа представляется как область малой подвижности земной коры, относительно слабой расчлененности ее на поднятия и прогибы, значительной устойчивости во времени.

Платформенные поднятия и прогибы отличаются изометричностью своих очертаний и представляют овалы и своды. Расположение структурных элементов платформы соответствует направлению ближайшей геосинклинали.

К числу других особенностей платформы относятся выдержанность фаций осадков, малая изменчивость их мощностей в плане, преобладание карбонатных и континентальных отложений, отсутствие надвиговых явлений, отсутствие динамического и регионального метаморфизма, невысокая степень литификации осадков (количество типов осадков ограничено). Территориальные размеры платформы расширяются от одной тектонической фазы к другой за счет геосинклиналей, поэтому платформы последующих этапов должны быть больше платформ предыдущих.

Возраст платформы определяется возрастом ее складчатого основания. Например, платформу с докембрийским складчатым основанием называют докембрийской платформой, с верхнепалеозойским складчатым основанием — верхнепалеозойской и т. д. Участки первого складчатого этажа платформ, лишенные осадочного чехла, называются выступами складчатого основания. Если выступы складчатого основания сложены докембрийскими породами, то они именуется щитами.

В зависимости от возраста складчатого фундамента различают платформы докаледонские, послекаледонские и послегерцинские; первые называются древними, а последние молодыми платформами; молодые платформы обладают большей подвижностью.

Основы учения о геологическом развитии платформ (в частности, Русской) заложил акад. А. П. Карпинский, который рассматривал образование этих геоструктурных форм в тесной связи с волнообразно колебательными движениями земной коры. Идеи А. П. Карпинского поддерживались акад. И. М. Губкиным, неоднократно отмечавшим огромное значение истории геотектонического развития Русской платформы для поисков и разведки залежей нефти и газа.

Полученные в самые последние годы фактические данные в результате широко развернутого опорного и глубокого разведочного бурения на различных областях Русской платформы показали, что идеи акад. А. П. Карпинского находят свое блестящее подтверждение.

Обобщение всего геологического материала, произведенное М. Ф. Мирчинк и А. А. Бакировым, показало ошибочность широко распространенного мнения о том, что геотектоническое развитие наиболее изученной Русской платформы определялось только весьма медленными вертикальными колебательными движениями, выражавшимися лишь в многократном чередовании опусканий и поднятий отдельных ее участков, и что в ходе ее геотектонического развития коренных качественных изменений геотектонического режима не происходило.

Анализ всего имеющегося геологического материала показывает, что современное геотектоническое строение Русской платформы возникло в результате сложнейших ее преобразований вследствие неоднократной смены периодов эволюционного развития волнообразно колебательных движений земной коры эпохами прерывов постепенности, сопровождавшимися перестройкой и обновлением лика земли. Таким образом, современный структурный план этой платформы является как бы результирующим все предыдущие этапы ее геотектонического развития.

Основной методический вывод этих исследователей заключается в том, что необходимо исключительно тщательное изучение не только современного структурного плана исследуемой области, но и всей геологической истории и палеотектонических условий формирования ее. Палеотектонический анализ в работах геологов

должен занять такое же ведущее место, какое занимают в настоящее время палеогеографические исследования.

Рассматривая характерные черты и особенности строения платформ, можно выделить (по А. А. Бакирову) несколько групп тектонических структур, именуемых структурами первого порядка.

К ним принадлежат такие типичные тектонические образования, как синеклизы и антеклизы, а также краевые предгорные прогибы, характерные для областей, являющихся переходными от платформ к складчатым геосинклинальным зонам.

К тектоническим элементам второго порядка относятся зоны региональных валоподобных поднятий (валы), разделяющие их зоны региональных прогибов, а также структурные уступы, осложняющие борта антеклиз и синеклиз<sup>1</sup>.

К тектоническим элементам третьего порядка относятся локальные структуры в виде антиклинальных, брахиантиклинальных и куполовидных поднятий и разделяющих их синклиналей, обычно осложняющих строение антеклиз, синеклиз, валов и перегибов.

Синеклиз как платформенная тектоническая форма была установлена А. П. Павловым еще в 1903 г. Синеклизами или впадинами называют главные, основные структуры, осложняющие платформы и имеющие обычно вытянутую форму. Синеклизы представляют «отрицательные» структуры, т. е. пологие изгибы земной коры, имеющие синклинальное строение.

Из характерных свойств синеклиз прежде всего следует отметить крайне пологое падение пластов на их крыльях, измеряемое в среднем от долей метра до 5 м/км; более крутое падение является обычно местным, часто связанным с вторичными нарушениями общего синклинального строения синеклиз. Падение пластов в синеклизах настолько незначительно, что его нельзя замерить компасом, но оно легко определяется по характерному общему синклинальному расположению геологических образований, а также по стратиграфическим структурным карт.

Размеры синеклиз колеблются в очень широких пределах, но всегда очень значительны. Так, Подмосковная (правильнее Московская) синеклиза в поперечнике имеет около 800—900 км, а длина ее достигает 1500 км, т. е. площадь ее свыше 1 000 000 км<sup>2</sup>; площадь Западно-Казахстанской (Прикаспийской) синеклизы немногим уступает площади Московской.

Синеклизы обычно характеризуются удлинённой формой; однако часто форма их неправильная. Форма синеклиз в значительной степени зависит от особенностей их развития, а также от строения их складчатого основания. При всей неправильности очертаний синеклиз в формах этих структур можно подметить два весьма постоянных и общих признака: 1) периметр общего очертания синеклиз распадается на весьма короткие участки с малым радиу-

сом кривизны и весьма крупные главные отрезки, почти прямолинейные; 2) прямолинейные отрезки закономерно располагаются в пространстве.

Антеклизы представляют положительные формы структур, противопоставляемых синеклизам. Эти структуры теснейшим образом связаны друг с другом, и по существу синеклиза и связанная с ней антеклиза представляют собой, так сказать, одну полную волну: крылья синеклиз являются также крыльями соседних антеклиз. По форме, размерам, положению, по платформенному типу слагающих их формаций синеклизы и антеклизы являются структурами одного порядка, но следует отметить некоторую весьма существенную разницу в строении тех и других. В длительном развитии синеклиз в их осевых частях накапливаются наиболее мощные толщи и здесь развиты наиболее полные разрезы иногда с меньшим количеством перерывов; наоборот, в сводовых частях антеклиз в результате длительного поднятия мощности отложений часто уменьшены, наблюдаются перерывы, нередко отсутствуют целые серии отложений, развитые в соседних синеклизах.

## § 2. Геосинклинали

Геосинклиналь определяется как область большой вертикальной подвижности и значительной горизонтальной расчлененности земной коры, в которой на протяжении длительного геологического времени происходит активное опускание и в связи с этим накапливаются мощные серии согласно залегающих осадков преимущественно морского происхождения.

Геосинклиналь характеризуется проявлением волновых движений больших амплитуд.

Основные особенности геосинклиналей: быстрая изменчивость фаций и мощностей осадков вкост простирания геосинклиналей и их выдержанность по простиранию, сильная складчатость, часто осложненная разрывами значительных амплитуд, проявление регионального метаморфизма и др. Прогибание геосинклиналей обычно сопровождается эффузивной вулканической деятельностью, поэтому в составе отложений, выполняющих геосинклиналь, наблюдаются туфы и лавы, составляющие мощные вулканогенные толщи. Геосинклинальная область подвергается интенсивным горообразовательным движениям и затем превращается в складчатую горную страну.

Основой ее строения являются крупные структурные выпуклости и впадины, называемые антиклинориями и синклинориями.

Простирание складок в складчатых зонах, как правило, соответствует простиранию основных геотектонических зон — поднятий и прогибов.

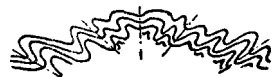
Антиклинорий представляет систему отдельных складок (антиклиналей, брахиантиклиналей и пр.), четковидно расположенных друг за другом на одной оси, образующих в целом антиклинальную зону поднятий (фиг. 132).

<sup>1</sup> Бакиров А. А. Главнейшие черты геотектонического развития внутренней части Русской платформы. Сб. «К геологии центральных областей Русской платформы». Госгеолгиздат, 1951.



Синклинорий (фиг. 133) — обширная синклиналичного строения тектоническая зона, осложненная системой продольных складок (антиклиналей и синклиналей). Обычно осевые плоскости отдельных складок синклинория наклонены в сторону осевой плоскости.

Углубляя и уточняя учение о геосинклиналях, советские геологи выдвинули представление о существовании в них частей, имеющих заложения, углубляющиеся в земные недра на десятки и даже сотни километров. Эти части занимают большие пространства в сотни и тысячи километров, развиваются длительно в течение геологических периодов и даже эр, т. е. десятки и сотни миллионов лет. Такие части названы глубинными структурами. Они нередко ограничены разломами земной коры, идущими в глубину на сотни километров и нарушающими обычные для таких глубин



Фиг. 132. Антиклинорий.



Фиг. 133. Синклинорий.

температурные и динамические (силовые) условия существования вещества глубоких слоев земли. Эти глубинные разломы характеризуются также весьма длительным по времени развитием. Вдоль них совершаются главные движения отдельных частей дна геосинклинали и могут формироваться магматические очаги, дающие вулканические подводные и надводные извержения и внедрения огненно-жидких расплавов в пластовые породы.

Схема развития геосинклинали в течение одного геотектонического этапа (по В. В. Белоусову и В. Е. Хаину) представляется в следующем виде: 1) первичные прогибы осложняются внутренними поднятиями; 2) по краям этих поднятий возникают краевые прогибы, постепенно надвигающиеся в сторону первичных поднятий и смежных платформ; 3) вторичные поднятия, разрастаясь, поглощают остатки первичных прогибов, а их краевые прогибы, двигаясь навстречу друг другу, сливаются и образуют межгорные прогибы; другие краевые прогибы захватывают периферию смежных платформ, превращаясь в передовые прогибы; 4) некоторые из первичных поднятий остаются не затронутыми этими погружениями, а другие продолжают погружаться, представляя остаточные прогибы.

Деления геосинклиналей производят по тем зонам, на которые распадается геосинклинали к концу цикла своего развития: передовые и межгорные прогибы, краевые и центральные поднятия, внутренние впадины.

Краевые предгорные прогибы представляют очень крупные и нередко сложные прогибы типа больших синклиналей и синклинориев, располагающихся на границе между типичными платформенными и складчатыми областями. Они являются

переходными зонами между платформами и геосинклиналями. Такое промежуточное, переходное, их положение выражается в том, что в этих синклиналичных прогибах нередко крылья, примыкающие к платформе, бывают сложены платформенными формациями, а примыкающие к складчатым зонам — мощными формациями геосинклиналичного типа. Точно так же нарушающие описываемые синклиналичные прогибы тектонические формы на внешних крыльях, примыкающих к платформам, имеют платформенный характер, на внутренних крыльях часто выражены типичными линейными складчатыми структурами.

Тип развития каждой такой расположенной выше зоны имеет свои специфические черты, что отражается как на составе пород, так и на их общей структуре.

Центральные поднятия в осевой своей части сложены терригенной и известняковой формациями. Наклон складок в обе стороны от оси поднятия часто несимметричный. Широко развиты надвиги; в конце цикла обычно образуются крупные сбросовые нарушения. Развиты пластовые интрузии основных пород и покровы преимущественно основных же эффузивов, согласно залегающих среди осадочных толщ.

По общей своей структуре центральное поднятие является обширным антиклинорием.

Примеры: Большой Кавказ, Центральная зона Восточных Альп, Кара-Тау, Гиссарский хребет и др.

Передовые и межгорные прогибы характеризуются мощным накоплением лагунных и молассовых формаций, по возрасту молодых в данной геологической фазе. Сюда же распространяется каустобиолитовая формация, а иногда частично и флишевая. В межгорных прогибах проявляются фазы предварительные и заключительные. Последние типичны также для передовых прогибов. Несогласий, соответствующих главным фазам, обычно не наблюдается. Складчатость ослабленная — промежуточная и прерывистая; широко развиты дисгармония и диапиризм; магматизм слабый. Типично развитие в некоторых прогибах щелочных малых интрузий. Иногда наблюдается эффузивный вулканизм. Мегаморфизм практически отсутствует. Разрывные дислокации, выраженные сбросами и взбросами, связаны с отдельными прерывистыми и промежуточными поднятиями.

Примеры: Предкавказье (передовые или краевые прогибы), Куринско-Рионская депрессия, Таджикская депрессия (межгорные прогибы) и др.

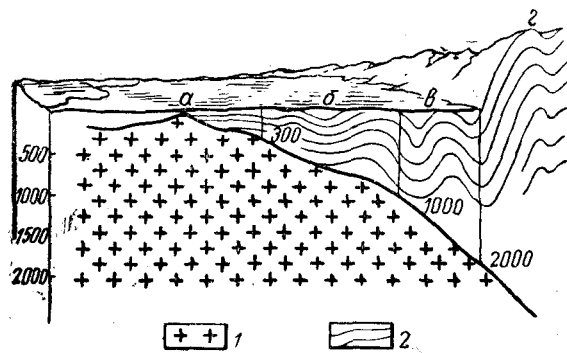
Внутренние впадины — это впадины, усложняющие центральные поднятия, разделяющие последние надвое. Примером внутренних впадин является район Генуи, располагающийся на стыке Альп и Апеннин.

Разрез внутренних впадин разделяется на два комплекса: верхний, представленный отложениями, присущими внутренней впадине, и нижний, более сложный, накопленный в процессе заполнения геосинклинали.

Характерные особенности режимов для основных типов тектонических зон

	Сравнимые особенности	Типы тектонических режимов		
		платформенный	переходный	геосинклинальный
Особенности тектонического режима	Степень дифференцированности волновых движений	Неотчетливая	Отчетливая, иногда резкая	Резкая
	Амплитуда волновых движений	Незначительная	Значительные погружения	Значительная
	Отчетливость колебательных движений небольшой амплитуды	Резко выраженная в перемещении фациальных границ	Наблюдается только в осадочной толще в ритмичности отложений (чередовании слоев)	Наблюдается в осадочной толще в ритмичности отложений
	Очертание областей, охваченных данным типом тектонического режима	Округлые области	Широкие полосы	Широкие полосы
Характер рельефа		Весьма пологий	Сравнительно пологий	Пересеченный; характерны сильно вытянутые формы
Влияние климата на осадкообразование		Отчетливое	Отчетливое	Неотчетливое
Особенности осадочных формаций	Мощность образующихся формаций	Незначительная (десятки метров)	Значительная (сотни и тысячи метров)	Большая (тысячи метров)
	Степень постоянства мощности	Значительная	Часто изменчивая (в крайних прогибах)	Весьма изменчивая (вкрест простирания)
	Скорость отложения	Малая	Иногда большая	Большая
	Выдержанность образующихся формаций в плане	Значительная	Изменчивая (обычно вкрест простирания)	Выдержанная по простиранию, изменчивая вкрест простирания
Особенности формаций	Очертание площади распространения каждой осадочной формации	Округлое	Обычно вытянутое. Резко линейное (в крайних прогибах)	Сильно вытянутое
Характер перехода одних осадочных формаций в другие		Весьма постепенный	Постепенный; иногда формации резко обособлены	Формации резко обособлены
Характерные формации		Песчаные, глинистые, карбонатные	Песчано-глинистые, карбонатные, угленосные, соленосные	Глинистые, карбонатные (рифовые), кремнистые (эпохи общего погружения), флишевые (начало общего поднятия)
Кора выветривания		Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
Конгломератовые отложения		Не типичны. Маломощны и однородны по составу	Часто наблюдаются в крайних прогибах	Весьма типичны для межгорных прогибов и периферических зон в эпоху поднятия геосинклиналей
Характер песчаных отложений		Кварцево-песчаные толщи	Кварцево-пеллошпатовые красноцветные и сероцветные отложения	Граувакки (обломочные породы зеленовато-серой окраски), аркозы (продукт разрушения гранитов и гнейсов)
Характер глинистых и алевролитовых отложений		Глины, каолины	Алевролиты, реже глины	Глины образуют мощные толщи. Алевролиты пестрого минералогического состава
Характер карбонатных отложений		Светлоокрашенные известняки с многочисленными окаменелостями донной фауны	Известняки разнообразные, доломиты	Разнообразные известняки, часто рифовые; иногда темные, кремнистые

Верхний комплекс лежит спокойно и по возрасту относится к самым молодым отложениям геологической фазы. Здесь наблюдаются обычно лишь слабые прерывистые складки. В этот комплекс



Фиг. 134. Схема взаимосвязей основных типов тектонических зон.

a — платформа, б, в — переходные зоны; г — геосинклинальная складчатая область; 1 — фундамент, сложенный кристаллическими породами; 2 — покров из осадочных пород.

Схема взаимосвязей основных тектонических зон приведена на фиг. 134.

Характерные особенности режимов для основных типов тектонических зон в отношении состава пород и других признаков приведены в табл. 13.

Разделение огромнейшей территории Советского Союза на тектонические области и провинции — платформенные и геосинклинальные — с последующим изучением их основных структурных и геологических элементов имеет исключительно важное теоретическое и практическое значение.

Такое подразделение предусматривает выделение основных структурных зон (передовых и внутренних поднятий и прогибов); классификацию их в зависимости от истории развития с разделением на группы по времени образования; конкретное пространственное размещение складчатых структур (их осей, контуров), линий разломов и разрывов, а также областей распространения различных геологических формаций и отложений.

Роль такого районирования в практическом отношении имеет важнейшее значение, так как определяет методику и технику проведения геолого-съёмочных работ.

проникают только пластовые интрузии и редкие щелочные малые интрузии.

Краевые поднятия подобно внутренним впадинам, по видимому, бывают двух типов. Малые краевые поднятия являются краевыми частями центрального поднятия, усложненного малой же внутренней впадиной. Складки в них наклонены от внутренней впадины в сторону соседнего межгорного или передового прогиба.

## Глава IX

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ, ТОПОГРАФИИ И КАРТОГРАФИИ

#### § 1. Геологическое картирование и его значение в поисково-разведочных работах

Геологическая съёмка представляет собой первое звено в цепи геолого-разведочных работ. Задача съёмки — выяснение геологического строения исследуемого района, его истории, геологических процессов, происходивших в прошлом и происходящих в наше время, выяснение комплекса полезных ископаемых и их связи со строением и историей района. Эти данные позволяют при дальнейшей работе определить возможность нахождения тех или иных полезных ископаемых и указать районы их возможного развития; правильно понятое строение района позволяет сознательно подойти к разведке расположенных в нем месторождений, избежать излишней потери времени и средств на нее, предугадать мешающие разведке и добыче ископаемого факторы и направить внимание на их преодоление. Основными способами изображения геологического строения участка земной коры являются геологическая и структурная карты, геологические разрезы, блок-диаграммы, карты фаций и мощностей.

Геологическое картирование — основное звено в полном цикле поисковых и разведочных работ, а также при проектировании различного рода инженерных и гидротехнических сооружений. Хорошая геологическая карта — это графическое выражение всей суммы наших знаний о геологии данного района, об этапах его геологической истории, о закономерностях образования тех или иных элементов его структуры и полезных ископаемых.

Геологические карты в зависимости от назначения и масштаба подразделяются на три основные категории:

а) геологические карты государственного значения (1 : 5 000 000; 1 : 2 500 000);

б) геологические карты, освещающие строение отдельных областей (1 : 1 000 000; 1 : 500 000);

в) геологические карты района (1 : 200 000; 1 : 100 000; 1 : 50 000 и др.).

Приемы геологического картирования с технической точки зрения элементарны, и техническая вооруженность лица, ведущего геологическую съемку, является довольно простой; однако, несмотря на это, требования к геологу-съемщику очень велики. Геолог-съемщик должен быть научным работником, владеющим большой суммой знаний не только в области геологии, но и в других, смежных с ней дисциплинах, а также должен быть знаком с основами горного дела, его техникой и экономикой. Именно эти особенно высокие требования, предъявляемые к геологу-съемщику, лучше всего подчеркивают значение геологической съемки в геолого-разведочном деле. Значение геологической карты выходит далеко за пределы горного дела. При проведении новых дорог и каналов, строительстве крупных зданий и плотин, проектировке фабрик и заводов, при выборе места для основания нового поселка, разработке системы орошения и т. д. роль геологической карты также очень велика. Правильная борьба с такими явлениями, как оползни, обвалы, движения почвы в районах мерзлоты и т. п., возможна только на основе точного знания геологии района, т. е. на основе соответствующей геологической карты.

В настоящее время большое развитие получила съемка так называемых четвертичных отложений, т. е. пород самых последних по времени напластования, образующих поверхностный нанос, плащом покрывающий более древние породы, называемые коренными в отличие от первых — наносных. Изучение наносных отложений представляет исключительный народнохозяйственный интерес, так как основания большей части сооружений (здания, дороги, каналы и т. п.) закладываются именно в этих породах.

Физико-химические и механические свойства четвертичных отложений очень часто являются также решающим фактором, определяющим свойства почв и их пригодность для земледелия. Отсюда в свою очередь возникает необходимость составления специальных карт четвертичных отложений, особенно учитывая то, что при обычной геологической съемке породы четвертичного возраста не наносятся на карту, чтобы не маскировать строение коренных пород.

Содержание геологических карт зависит от их масштаба, целей, преследуемых геологическим картированием, геологического строения местности и т. д. Поэтому приемы геологического картирования в областях развития изверженных, метаморфических и осадочных пород несколько различны. Методы геологического картирования в платформенных и складчатых областях также существенно отличаются друг от друга. В настоящей книге разбираются вопросы геологического картирования главным образом территорий развития осадочных пород как в пределах платформ, так и в пределах складчатых областей.

## § 2. Значение топографических карт

Геологическая карта немыслима без топографической и не может быть без нее создана. Чрезвычайно важным моментом, в значительной степени определяющим объем геологической съемки,

является соответственное направление топографических съемок и работ.

От точности географической или топографической карты, находящейся в распоряжении геолога, от степени ее детальности зависят точность и детальность работы геолога. Если топографической карты нет или детальность и качество ее не удовлетворяют геолога, ему приходится создавать ее путем глазомерной или инструментальной съемки. Очень плохо, если, имея задания геологической съемки крупного масштаба (например, 1 : 50 000), геологу приходится работать на топографической основе меньшего масштаба (например, 1 : 100 000). При этом возникает сложность в ориентации на местности и нанесении наблюдаемых точек обнажений. Все это замедляет, удорожает съемку и снижает ее качество.

Обычные геодезические методы составления топографических карт, применявшиеся до последнего времени, все же не обеспечивают достаточной наглядности при изображении деталей рельефа, необходимых для геологической съемки. Наиболее качественным и совершенным способом составления топографической основы в настоящее время является метод аэрофотосъемки. Последний отличается от обычной наземной съемки применением фотокамеры, установленной на самолете. В результате после соответствующей обработки фактических материалов получается фотоплан, заменяющий топографический план, не уступающий ему по точности, но отличающийся большой наглядностью.

Топографическая карта как основа для геологического картирования должна удовлетворять следующим требованиям.

1. Масштаб карты должен соответствовать масштабу геологической съемки, при этом рекомендуется пользоваться картами более крупного масштаба, но не наоборот.

2. Детальность изображения рельефа местности должна соответствовать масштабу работ, так как рельеф является основным фактором для правильного геологического картирования.

3. Топографическая карта должна быть достаточно точной, четкой и удобочитаемой. На ней в зависимости от масштаба должны быть изображены все овраги, речные системы с обозначением направлений течений, дороги, населенные пункты (высоты данной точки над уровнем моря) и пр. Высотные пункты и их обозначения на топографической основе имеют весьма существенное значение. Необходимо, чтобы такие отметки были привязаны к характерным точкам, легко находимым в полевых условиях (здания, школы, колхозные гидростанции, мосты, населенные пункты, каменоломни, устья шахт, скважин и др.) Совершенно необходимы отметки на дне оврагов, балок — в их устьях и местах крупных разветвлений, на выходах источников и пр. Основные требования геологов к топографической основе сводятся к тому, чтобы получить по возможности максимально полную гипсометрическую характеристику территории, изображенной на карте. К сожалению, часто приходится наблюдать, что топограф при съемке рельефа упрощает и обобщает некоторые детали, закругляет горизонтали и передает

рельеф шаблонно. Отсюда, например, резко выраженные террасовидные высокие склоны, имеющие весьма существенное значение при геологической и геоморфологической съемках, на таких топографических основах изображаются равномерно отстоящими горизонталями. Такое изображение искажает детали геологического строения и не отражает качественной характеристики рельефа.

При съемке равнинных областей необходимо обращать внимание на правильную передачу эрозионной сети, карстовых, оползневых явлений; здесь также должны быть обозначены крупные обнаженные обрывы, отдельные скалы, резкие грядки плотных твердых пород, всякого рода источники и другие проявления водоносности и пр.

В то же время иногда на топографической карте наблюдается излишне большая нагрузка за счет изображения на ней в условных обозначениях леса, кустарника, заболоченности и пр. Такую топографическую основу рекомендуется разгрузить и в первую очередь с карты целесообразно снять обозначение растительного покрова. Хороший результат дает иногда разрежение горизонталей путем увеличения высоты сечения.

#### Способы изображения рельефа на картах

Для изображения рельефа на картах применяются горизонтали, штрихи и отмывки.

Наиболее распространен способ изображения рельефа при помощи горизонталей (фиг. 135). Он состоит в том, что на карте рельеф местности изображают кривыми непрерывными линиями (горизонталями), соединяющими точки местности с одной и той же высотой над уровнем моря. На картах горизонтали проводят через равные расстояния по высоте, например через 1, 5, 10 м.

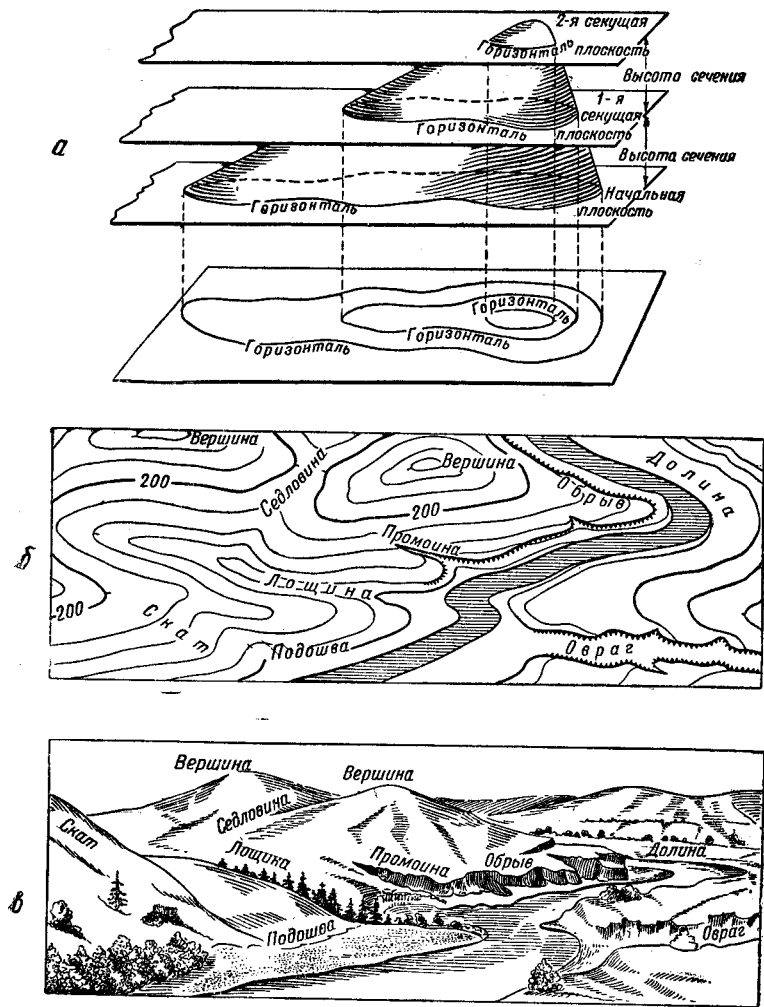
Расстояние по высоте между горизонталями или секущими горизонтальными плоскостями называется высотой сечения; величина ее зависит от характера местности и масштаба карты. Для большей наглядности на картах горизонтали, кратные 5, 10, 25, 50 в зависимости от масштаба карты, вычерчивают жирной линией.

Установлены следующие высоты основного сечения рельефа для различных масштабов карт.

Для масштаба карты	1: 25 000	.....	5 м		
»	»	»	1: 50 000	.....	10 »
»	»	»	1: 100 000	.....	20 »
»	»	»	1: 200 000	.....	40 и 50 м
»	»	»	1: 500 000	.....	40 м

На картах горных местностей высота сечения может быть увеличена в два раза. На картах равнинных местностей для лучшего выражения мелких неровностей рельефа горизонтали проводят через половину или четверть высоты основного сечения (так называемые полу- и четверть-горизонтали), а также вспомогательные горизонтали на произвольной высоте.

Чтобы облегчить нахождение направления ската, численные отметки горизонталей располагаются так, чтобы основание цифр было обращено вниз по скату, а на некоторых горизонталях ставят



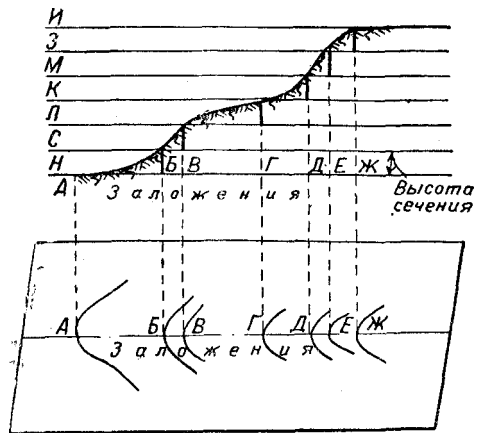
Фиг. 135. Выражение рельефа на картах способом горизонталей.

а — метод построения; б — метод изображения; в — перспективный вид местности.

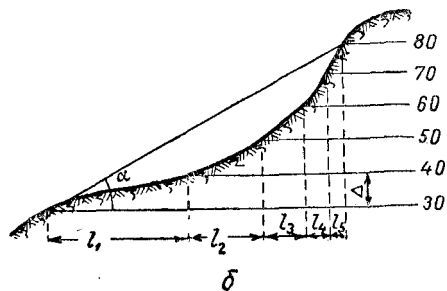
берг-штрихи — короткие штрихи, направленные также вниз по скату.

Способ горизонталей дает возможность изобразить на карте перегибы и неровности местности достаточно точно. Поэтому по кар-

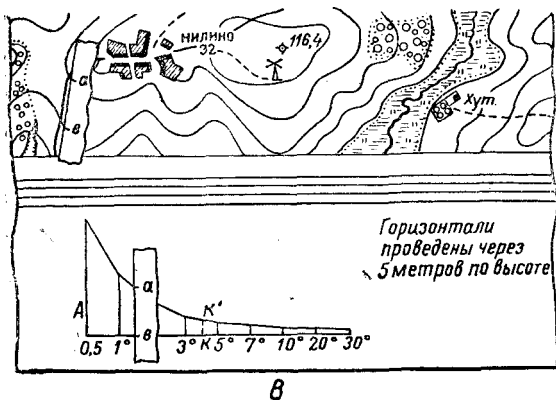
там с нанесенными на них горизонталями можно дать точную оценку местности в отношении ее расчлененности. При составлении топографических карт за начальную плоскость принимают уровень моря. Если высоту отсчитывают от поверхности моря, мысленно продолженной через материк, то она называется абсолютной; если же счет идет от произвольной поверхности, то высота называется относительной. У нас началом счета абсолютных высот служит нуль Кронштадтского футштока, представляющий средний уровень воды в Финском заливе, выведенный из многолетних наблюдений, или уровень воды Черного моря.



а



б



в

Фиг. 136. Шкала заложения.

а — высота сечения — заложение (в плане и разрезе); б и в — определение крутизны склона на участке аб по шкале заложения.

топографических карт за начальную плоскость принимают уровень моря. Если высоту отсчитывают от поверхности моря, мысленно продолженной через материк, то она называется абсолютной; если же счет идет от произвольной поверхности, то высота называется относительной. У нас началом счета абсолютных высот служит нуль Кронштадтского футштока, представляющий средний уровень воды в Финском заливе, выведенный из многолетних наблюдений, или уровень воды Черного моря.

Если при полевой работе не представляется возможным определить высоту точек от уровня моря, то за начальную плоскость принимается условная плоскость, лежащая ниже всех точек изображаемого участка. По числу горизонталей судят о степени повышения или понижения местности, а по изгибам — о форме неровности. Где горизонталы расположены ближе одна к другой, там скат круче и, наоборот, где они больше удалены одна от другой, тем скат положе.

Ошибки в положении горизонталей на топографических картах усложняют геологическую съемку. Допускаемые от-

клонения при углах падения местности от 1 до 7° не оказывают существенного влияния. При углах наклона местности свыше 7° число горизонталей между точками перегибов скатов должно быть согласовано с разностью высот этих точек. Для залесенных районов ошибки могут достигать величин, в два раза больших, чем указано выше.

#### Определение высоты сечения горизонталей

Высоту сечения горизонталей обычно надписывают внизу листа карты под линейным масштабом. Например: «Горизонталы проведены через 10 м». Но если почему-либо высота сечения не помещена, то определить ее на карте можно по отметкам горизонталей или по отметкам точек.

Чтобы определить высоту сечения по отметкам горизонталей, нужно разность двух соседних горизонталей, имеющих отметки и выражающих один и тот же скат, разделить на число промежутков между горизонталями; частное от деления и дает для данного листа карты высоту сечения, выраженную в метрах.

Заложением называется расстояние между горизонталями в плане. Величина заложения зависит от крутизны ската. На фиг. 136 видно, что заложения *АБ*, *БВ*, *ВГ*, *ГД*, *ДЕ*, *ЕЖ* различны. Там, где скат отлогий; заложения больше, например *АБ* и *ВГ*; там, где скаты круче, заложения меньше, например *БВ* и *ДЕ*. Величину заложения можно определить, измерив по масштабу расстояние между двумя смежными горизонталями. Крутизна скатов выражается в градусах. На карте, рельеф которой выражен горизонталями, крутизну скатов в градусах находят при помощи таблицы заложений или по шкале заложений.

Таблица заложений. Математическим путем определено, что при какой-либо единице высоты (*H*) сечения, например 1 м, и при длине заложения в 60 таких же единиц крутизна ската будет равна 1°. На основании этого положения строят таблицу заложений.

Таблица дает два ряда чисел: верхний — углы крутизны, выраженные в градусах, нижний — соответственные заложения, выраженные в круглых целых числах.

Углы крутизны скатов, градусы	1	2	3	4	5	6	10	12	15	20	30	45
Во сколько раз заложение больше высоты . . . . .	60	30	20	15	12	10	6	5	4	3	2	1

Таблицу эту легко запомнить, так как произведение числа градусов крутизны на число, соответствующее заложению, всегда равно 60 (за исключением последнего столбца для 45°).

Для каждого масштаба на карте должна быть дана своя шкала заложений, так как она зависит от масштаба карты и высоты сечения.

Между сечением, заложением и углом наклона рельефа местности существует зависимость, которая выражается  $l = \Delta \operatorname{ctg} a$ , где  $l$  — заложение;  $\Delta$  — сечение между горизонталями;  $a$  — угол наклона рельефа. Из этой формулы видно (фиг. 136, б), что чем больше угол наклона местности (крутизна), тем меньше расстояние между горизонталями и, наоборот, чем меньше крутизна рельефа, тем больше расстояние между горизонталями. Это свойство горизонталей дает возможность при изучении плана с горизонталями рельефа судить о величине углов наклона (крутизне) скатов этого рельефа в различных его пунктах.

Для определения угла наклона по шкале крутизны ската (фиг. 136, в) берут раствором циркуля данное заложение ската с карты и, приложив его к шкале, определяют, где придется эта длина при условии, что одна ножка циркуля стоит на основании шкалы, а другая — на кривой ее линии.

Там, где на основании придется ножка циркуля, читают отметку крутизны. Если на карте встречаются дополнительные горизонтали, то в середине заложения для них проводят вторую кривую прерывистую линию.

**М а с ш т а б ы к а р т.** Для того чтобы изобразить какой-нибудь участок местности на бумаге, необходимо все линии и расстояния, существующие на местности, уменьшить в одинаковое число раз. Степень уменьшения линий и расстояний на карте в сравнении с их действительными размерами на местности называется масштабом карты. Последний изображается числом (численный масштаб) или чертежом (линейный масштаб).

**Ч и с л е н н ы й м а с ш т а б** выражает собой отношение каких угодно линейных протяжений, взятых на карте, к действительным размерам тех же протяжений на местности. Численный масштаб изображается дробью, причем числитель его есть единица, а знаменатель — число, показывающее, во сколько раз линии и расстояния на карте меньше соответствующих линий и расстояний на местности. Этот масштаб не дает наглядности и для пользования им требует соответствующих вычислений, поэтому для быстрого определения расстояния на картах и планах пользуются обычно линейным масштабом.

**Л и н е й н ы м м а с ш т а б о м** называется такой чертеж, который дает возможность определять наглядно, без вычислений, какой длине на местности соответствует длина линии, взятая с карты, и наоборот. Линейный масштаб представляет собой прямую линию, на которой отложено несколько равных частей; над делениями имеются надписи, указывающие, каким расстояниям на местности эти части прямой соответствуют.

### § 3. Разграфка топографических карт и номенклатура планшетов

При любом типе полевых исследований широко используются топографические карты и материалы аэрофотосъемки, которые являются основой геологической съемки.

Все государственные карты СССР по своим масштабам подразделяются на мелкомасштабные, среднемасштабные и крупномасштабные (табл. 14).

Таблица 14

Подразделение карт СССР по масштабам

Численный масштаб	Натуральный масштаб	Название карты	
1 : 1 000 000	В 1 см 10 км	Миллионная	Мелкомасштабная
1 : 500 000	» 1 » 5 »	Пятисоттысячная Двухсоттысячная	Среднемасштабные
1 : 200 000	» 1 » 2 »		
1 : 100 000	» 1 » 1 »	Стотысячная Пятидесятитысячная Двадцатипятитысячная Десятитысячная	Крупномасштабные или топографические
1 : 50 000	» 1 » 500 м		
1 : 25 000	» 1 » 250 »		
1 : 10 000	» 1 » 100 »		

Крупномасштабные карты служат для подробного изучения местности, так, чтобы можно было вполне использовать ее свойства при выполнении задач, связанных с составлением детальных геологических карт. Мелкомасштабные карты служат для рекогносцировочных геологических исследований и для составления обзорных карт больших территорий.

Государственные карты СССР являются картами многолиственными, и для упрощения пользования картами и планами принято единое подразделение в отношении масштабов и по разграфке планшетов. По решению Международного географического конгресса в Берне (Швейцария), состоявшегося в 1891 г., создается миллионная международная карта. Рамками планшетов этой карты являются параллели, проведенные через  $4^\circ$ , начиная от экватора, и меридианы, проведенные через  $6^\circ$ , начиная от  $180^\circ$  меридиана Гринвича.

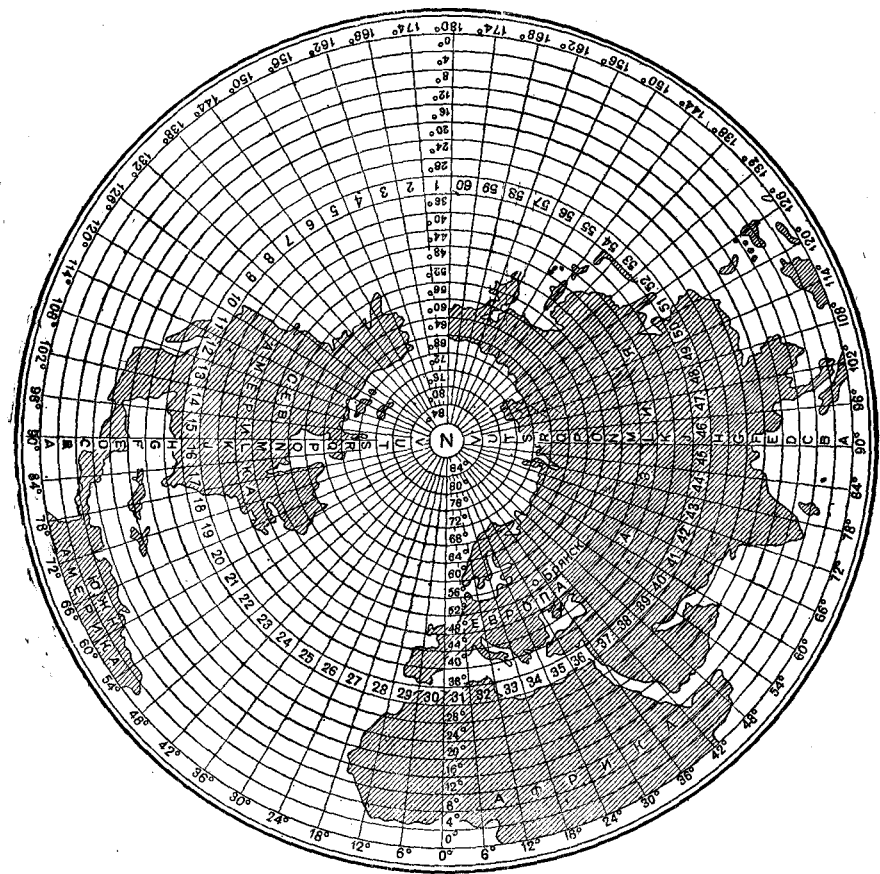
В настоящее время на отечественных картах исходным нулевым меридианом принят меридиан у Пулкова. Соотношение нулевых меридианов приведено в табл. 15.

Таблица 15

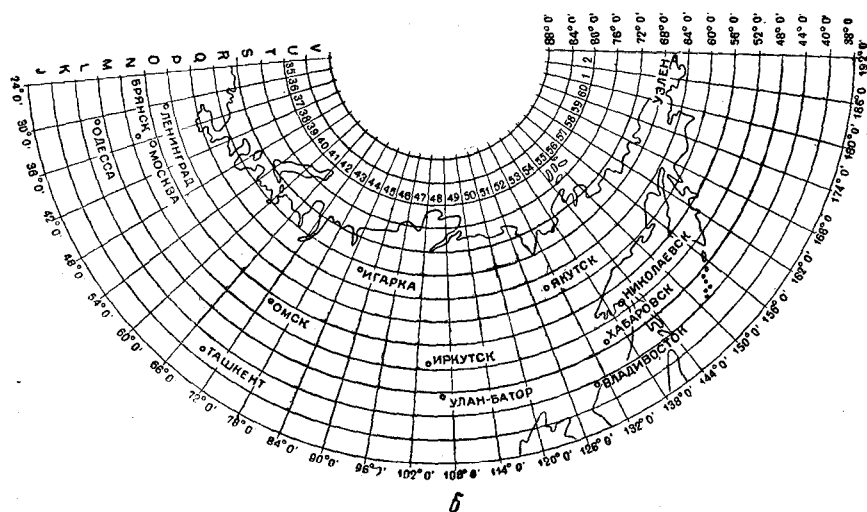
Соотношение нулевых меридианов

	Пулково	Ферро	Гринвич	Париж
Пулково . . . . .	0	$-47^\circ 59' 25''$	$-30^\circ 19' 39''$	$-27^\circ 59' 25''$
Ферро . . . . .	$+30^\circ 19' 39''$	0	$+17^\circ 39' 46''$	$+20^\circ$
Гринвич . . . . .	$+30^\circ 19' 39''$	$-17^\circ 39' 46''$	0	$+2^\circ 20' 14''$
Париж . . . . .	$+27^\circ 59' 25''$	$-20^\circ$	$-2^\circ 20' 14''$	0

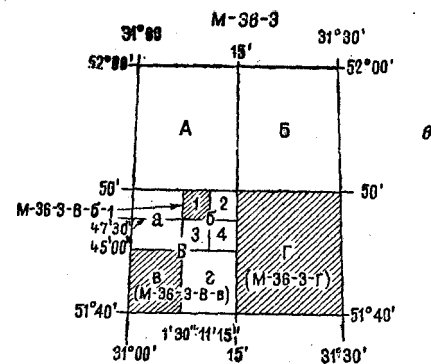




а

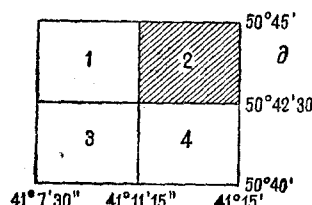
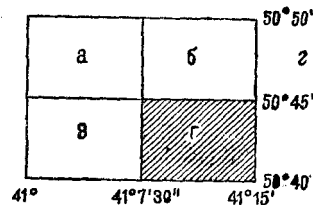


б



М-37-47-В

М-37-47-В-г



Фиг. 137. Разграфка топографических карт и номенклатура планшетов.

а — сборная таблица карт северного полушария масштаба 1 : 1 000 000; б — схема листов карты СССР масштаба 1 : 1 000 000; в — разграфка листа топографической карты масштаба 1 : 100 000 на листы топографической карты масштаба 1 : 50 000; г — то же масштаба 1 : 50 000 на листы масштаба 1 : 25 000; д — то же масштаба 1 : 25 000 на листы масштаба 1 : 10 000.

Система обозначений карт носит название номенклатуры карты. Каждому планшету присвоен свой номенклатурный знак, представляющий систему обозначений отдельных листов карты определенного масштаба.

Для быстрого нахождения требуемых при геологических съемках планшетов составляют таблицы планшетов.

Для карты масштаба 1 : 1 000 000 имеются только две сборные таблицы: одна составлена для северного полушария, другая — для южного.

Меридиальные 6° зоны совпадают с вертикальными колоннами листов карты масштаба 1 : 1 000 000. Ряды листов миллионной карты обозначают большими буквами латинского алфавита (фиг. 137, б). Счет рядов идет от экватора по направлению к Северному полюсу. Колонны обозначаются арабскими цифрами: счет колонн идет от меридиана 180° по направлению с запада на восток. Таким образом номенклатура листа миллионной карты выражается двумя обозначениями — ряда и колонны (например, L-40).

Для территории СССР на протяжении между 24 и 190° по долготу 32 и 72° по широте будут следующие ряды: I, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T колонны 35, 36, 37, ..., 50, ..., 60, 1, 2. Система обозначений карт более крупных масштабов имеет в

своей основе номенклатуру листов миллионной карты.

В зависимости от местоположения листа карты буквы и числа, составляющие ее номенклатуру, различны, но порядок и количество букв и чисел в номенклатуре листа карты данного масштаба всегда одинаковы.

Число листов карт различных масштабов и размеры листов приведены в табл. 16.

Таблица 16

Число и размеры листов карт различных масштабов

Число листов	Масштаб карты	Размеры листа		Номенклатурный знак	Примечание
		по меридиану (широта)	по параллели (долгота)		
1	1 : 1 000 000	4°	6°	N-36	Ряды от А до V (латинские) колонны от 1 до 60
4	1 : 500 000	2°	3°	N-36-А,Б,В,Г	Номенклатурный знак двузначный
18	1 : 200 000	40'	2°	N-36-1-XXXVI	Номенклатурный знак трехзначный, последний знак от I до XXXVI
144	1 : 100 000	20'	30'	N-36-1-144	Номенклатурный знак трехзначный, последний знак от 1 до 144
4	1 : 50 000	10'	15'	N-36-1-А,Б,В,Г	Номенклатурный знак четырехзначный
16	1 : 25 000	5'	7'30"	N-36-1-А-а,б,в,г	Номенклатурный знак пятизначный
64	1 : 10 000	2'30"	3'45"	N-36-1-А-а-1,2,3,4	Номенклатурный знак шестизначный

Из приведенной таблицы видно, что размеры листа карт, например, масштаба 1 : 50 000 установлены в 15' по долготе и 10' по широте, т. е. в одном листе карты масштаба 1 : 100 000 содержится четыре листа карты масштаба 1 : 50 000, которые обозначаются буквами А, Б, В, Г (фиг. 137, в). Полное обозначение листа карты 1 : 50 000 складывается из названия соответствующего листа карты 1 : 100 000 с присоединением соответствующей буквы.

Размеры листа карты для масштаба 1 : 25 000 установлены в 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub>' по долготе и 5' по широте, т. е. в одном листе карты масштаба 1 : 50 000 содержатся четыре листа карты масштаба 1 : 25 000, которые обозначаются буквами а, б, в, г (фиг. 137, в). Полное название листа карты 1 : 25 000 складывается из названия соответствующего листа карты 1 : 50 000 с присоединением соответствующей буквы.

В одном листе карты масштаба 1 : 25 000 содержатся четыре листа карты масштаба 1 : 10 000, обозначаемые арабскими цифрами 1, 2, 3, 4 (фиг. 137, в).

Удобство номенклатуры метрических карт заключается в том, что при требованиях карт не нужно указывать масштаба, так как на масштаб указывает сама номенклатура; например, N-36-105 — есть лист карты 1 : 100 000, а N-36-105-Б — лист карты 1 : 50 000.

Чтобы быстро находить требуемые карты, составляют сборные таблицы для разных масштабов карт, входящих в лист миллионной карты. Топографические карты издаются отдельными листами, ограниченными по сторонам рамками, совпадающими с направлениями параллелей и меридианов.

Внутренние линии рамки ограничивают участок местности, изображенной на карте; на углах их помещают надписи (в градусах и минутах) параллелей и меридианов (широты и долготы). Широты и долготы углов рамок надписывают для того, чтобы можно было определить местоположение листа даже в том случае, если номенклатура листа по каким-либо причинам отсутствует (например, обрезана при склейке). Для определения местоположения и координат местных предметов на картах печатают координатные сетки и на сторонах рамок надписывают координаты линий сетки. В разрезах внешних рамок по середине их помещают номенклатуры смежных листов карты того же масштаба.

Между внешней и внутренней рамками листа карты или вдоль внутренней рамки нанесены деления, которые через одно залиты черной краской или заштрихованы. На картах масштабов 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 и 1 : 200 000 величины этих делений соответствуют одной минуте дуги меридиана или параллели, а на картах более мелких масштабов (1 : 500 000 и 1 : 1 000 000) — пяти минутам дуги. Эти деления нужны для определения истинного меридиана и географических координат (широт и долгот) различных точек карты.

Внутреннюю сетку меридианов и параллелей на картах средних масштабов проводят согласно табл. 17.

На картах крупных масштабов внутреннюю сетку меридианов и параллелей не вычерчивают.

У выходов сетки географических координат подписывают значения широт и долгот. Счет широт ведется к северу и югу от экватора, счет долгот — к востоку и западу от Пулковского меридиана. На картах крупных масштабов подписывают только географические координаты углов рамок карты. Подписи широт располагаются по западной и восточной, долгот — по северной и южной сторонам рамки.

Если соединить прямой линией две одноименные минуты северной и южной рамок, то получим направление истинного меридиана, все точки которого имеют одинаковую долготу. Если соединить

Таблица 17

Зависимость размеров внутренней сетки меридианов и параллелей от масштаба карты

Расстояние между параллелями	Расстояние между меридианами	Масштаб карты
1°	1°	1 : 1 000 000
20'	30'	1 : 500 000
20'	30'	1 : 200 000

прямой линией две одноименные минуты западной и восточной рамок, то получим параллель, все точки которой имеют одинаковую широту. По размерам минут западной и восточной рамок можно определить масштаб карты.

Сетку прямоугольных координат (километровую сетку) вычерчивают на картах крупных масштабов. При помощи этих координат определяют числовыми величинами положение любой искомого точки — по вертикальным (абсциссам  $x$ ) и горизонтальным (ординатам  $y$ ) линиям сетки, выражаемым в единицах длины (км, м).

При изображении на карте обширных территорий возникает необходимость учитывать влияние кривизны земли. Поэтому на всякой географической карте, охватывающей значительную часть земной поверхности, масштаб (т. е. отношение длины линии на карте к длине горизонтальной проекции, соответствующей линии на местности) не является величиной постоянной и изменяется в различных точках и по различным направлениям.

#### § 4. Картографическая сетка государственных карт СССР

Нанесение на карту результатов геологических съемок, так же как и составление топографической основы, должно быть практически свободно от ошибок и искажений, происходящих при переходе от измерения сферической поверхности земли к изображению ее и построению карты на плоскости.

Для уменьшения влияния кривизны земли изображают на плоскости некоторые ограниченные части у р о в е н н о й п о в е р х н о с т и земли, понимая последнюю как поверхность воды в океанах и морях в спокойном состоянии и воображаемое продолжение этой поверхности над материками. В СССР принято изображать на плоскости в отдельности каждую шестиградусную (по параллели) колонку 1 : 1 000 000 со всеми входящими в нее листами топографических карт более крупных масштабов. Каждая такая колонка представляет собой сравнительно узкую полосу и при надлежащем подборе проекций изображится на плоскости с весьма незначительными искажениями.

При развертывании на плоскость такой шестиградусной колонны (или зоны в принятой в СССР проекции Гаусса-Крюгера) средний (осевой) меридиан зоны изображается прямой линией, без искажения длины (фиг. 138, а). Изображение среднего меридиана принимается за ось  $x$ . Экватор изображается линией, перпендикулярной оси  $x$ , и служит осью  $y$ . Остальные меридианы изображаются кривыми линиями. Сетка прямоугольных координат проводится параллельно осям  $x$  и  $y$ . Абсциссы  $x$  отсчитываются от экватора; в северном полушарии они положительны. Ординаты  $y$  отсчитываются к востоку от осевого меридиана. Для того чтобы все ординаты в пределах зоны были положительны, начало координат условно переносят на 500 км к западу от осевого меридиана. На фиг. 138, б видно, что при этом условии абсциссы  $x$  параллельны осевому меридиану, но на листах карт, расположенных на краю

шестиградусной зоны, координатная сетка составляет с рамками трапеций некоторый угол, достигающий нескольких градусов.

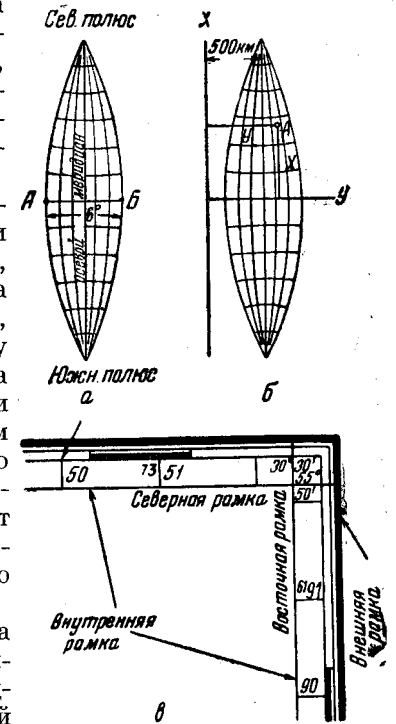
Эти искажения возрастают постепенно по мере удаления от осевого меридиана на запад и восток к крайним меридианам зоны. Численно они весьма незначительны. Практически это выражается в том, что на юге СССР длина западной и восточной рамок листов 1 : 100 000 карты, расположенных на краю зоны, отличается от длин соответствующих рамок листов, расположенных у осевого меридиана, всего лишь на 0,3 мм.

Точность отсчета по шкале миллиметровой линейки при измерении длин по карте от  $\pm 0,1$  до  $\pm 0,2$  мм, точность положения контуров на карте около  $\pm 0,5$  мм. Следовательно, величина искажения за кривизну земли в проекции Гаусса-Крюгера не превышает ошибок в построении карты и ошибок измерения. Таким образом, совершенно очевидно, что топографическая карта дает изображение, практически свободное от искажений, и вполне допускает различные измерения с точностью до 0,3—0,5 мм.

Прямоугольные координаты на картах подписывают в пределах рамки топографической карты. Так подписи абсцисс  $x$  километровых линий располагаются по западной и восточной сторонам листа и обозначают расстояние от экватора в километрах (в проекции Гаусса-Крюгера). В целях сокращения обозначений все выходы сетки подписывают крупными цифрами, обозначающими только десятки и единицы километров в значении  $x$ ; цифры сотен и тысяч километров подписывают мелкими цифрами лишь на крайних линиях (фиг. 138, в).

Подписи ординат  $y$  располагаются по южной и северной сторонам листа. Значение ординат в сотнях, десятках и единицах километров (от условного начала в 500 км западнее осевого меридиана) дают последние три цифры. Первые (слева) одна или две цифры означают номер шестиградусной зоны. Последний определяется на основе сборной таблицы планшетов или к номеру зоны (или колонны) прибавляется 30.

Так, в приведенном выше примере подпись 7351 означает 351 км



Фиг. 138. Картографическая сетка.

а — шестиградусная колонка в проекции Гаусса-Крюгера; б — то же в системе прямоугольных координат; в — подписи прямоугольных координат в рамках топографической карты.

к востоку от начала координат, или  $500 - 351 = 149$  км к западу от осевого меридиана; цифра 7, стоящая в начале подписи, означает  $7 + 30 = 37$  колонну, положение которой по сборной таблице листов миллионной карты СССР обозначится как N-37.

### § 5. Подбор топографических карт и материалов аэросъемки для геологической съемки

Перед выездом в поле для проведения геолого-съемочных работ необходимо определить масштаб топографической карты, наиболее отвечающий характеру полученного задания; затем следует точно выяснить границу исследуемой территории и определить номенклатуру требуемых карт. При работе в поле следует иметь мелко-масштабную карту — схему расположения листов топографических карт и аэрофотоснимков.

Масштаб влияет на точность, полноту и подробность карты и определяет размеры территории, изображаемой на одном листе карты. Установлено, что ошибка измерений длин линий на топографической карте в среднем близка к 0,7 мм, что составляет на местности:

для карты масштаба	1 : 25 000	. . . . .	18 м
» » »	1 : 50 000	. . . . .	35 »
» » »	1 : 100 000	. . . . .	70 »
» » »	1 : 200 000	. . . . .	140 »

Отсюда, если необходимо, например, производить геологическую съемку, где надо измерять длины линий по карте с ошибкой, не превышающей 50 м, следует пользоваться картой масштаба 1 : 50 000.

Если предполагаются детальные исследования специального характера, то выбирается топографическая карта, масштаб которой равен или в два раза крупнее масштаба предложенной к составлению специальной карты. Не следует при этом смешивать требования, предъявляемые к точности, с требованиями к ее крупности и насыщенности ориентирами, контурами и пр. Так, например, топографическая карта масштаба 1 : 50 000 не уступает по точности положения контуров географической карте того же масштаба, но в качестве основы для геологической съемки масштаба 1 : 50 000 она недостаточно подробна.

Заказывая топографические карты территории, намечаемой для геологической съемки, необходимо указать их номенклатуру, пользуясь при этом обзорной картой (или сборной таблицей планшетов).

Получив требуемые карты, надо детально ознакомиться с ними, т. е. установить год съемки (составления) и год издания карты, величину сечения рельефа, изучить условные обозначения. Дата съемки или составления, указанная на полях карты, дает возможность судить о степени современности данной карты, о степени ее соответствия состоянию местности к моменту пользования картой. Если точность карты неудовлетворительна, необходимо составление новой основы.

## Глава X

### ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ПОЛЕ

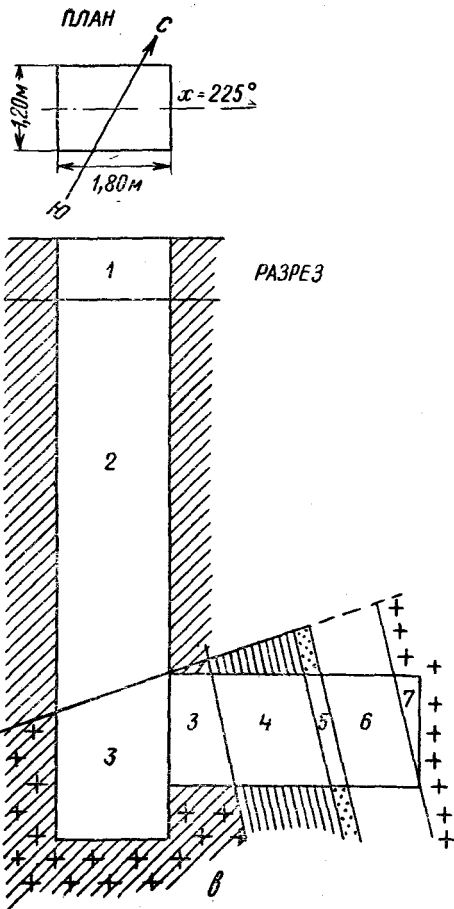
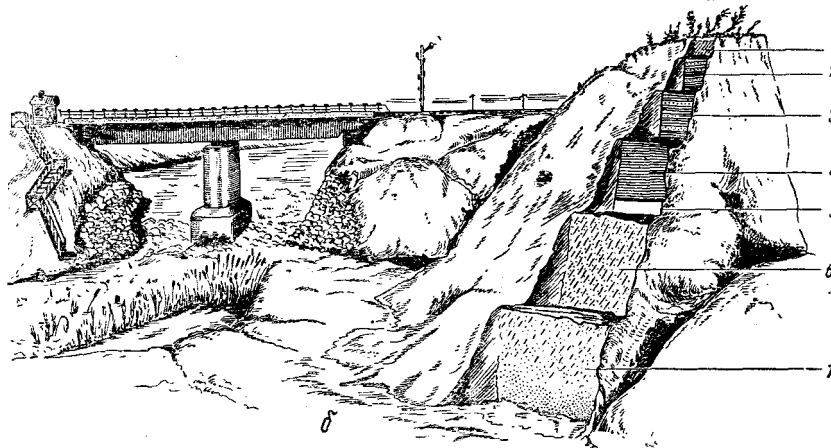
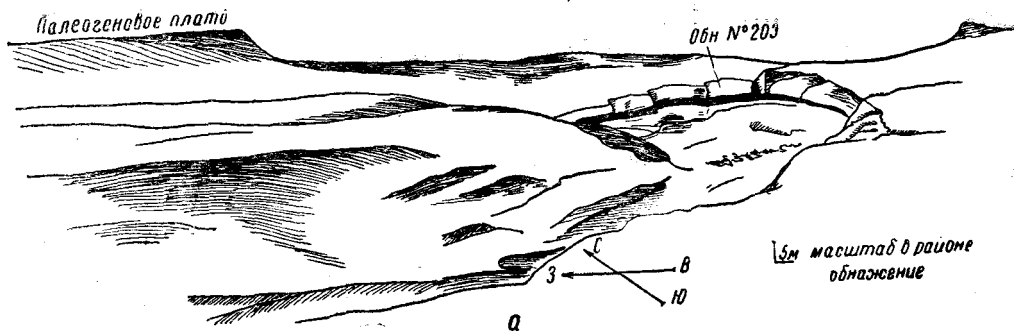
#### § 1. Объекты наблюдений

При проведении геологической съемки основным объектом внимания геолога является обнажение. Последнее представляет собой выход горных пород на земную поверхность, не закрытые наносными отложениями.

В районах с расчлененным рельефом, в обрывах древних и современных долин рек, в оврагах, на вершинах и склонах возвышенностей всегда можно наблюдать такие выходы горных (коренных) пород на поверхность и, изучая литологический состав и условия залегания их, накапливать фактические материалы для выяснения геологического строения площади и составления геологической карты.

Такие геологические обнажения называются естественными (фиг. 139, а). С целью изучения пород, скрытых под покровом растительности, наносами или какими-либо толщами других вышележащих пород (делювием, элювием, аллювием и др.), используют искусственные обнажения. К искусственным обнажениям относятся горно-разведочные выработки, которые выполняют ту же роль, что и естественные обнажения, а именно: они помогают установить разрез отложений, развитых на данной площади, и выяснить элементы тектоники, необходимые для геологического картирования. Обычно применяемыми типами горно-разведочных выработок являются расчистки обнажений, канавы, шурфы, штольни, буровые скважины. Выбор того или иного типа выработки зависит от мощности наносов и от условий залегания коренных пород.

Расчисткой называется небольшое искусственное обнажение, имеющее вид борозды, глубина которой зависит от мощности делювия. Располагается она вдоль склона или обрыва сверху вниз. При большой длине дно расчистки (или забой ее) делают в виде ступеней, по вертикальным стенкам которых производится описание пород и замеры элементов залегания (фиг. 139, б). Расчистки применяют при геологической съемке или геолого-поисковых



Фиг. 139. Примеры естественных обнажений.

а — выходы коренных пород; б — расчистка обнажения в сухом русле; 1 — современные отложения; 2 и 3 — тонкое переслаивание глин и песков; 4 — глины плотные; 5 — ракушник; 6 — глина серая песчаная; 7 — песок среднезернистый серый; а — шурф с горизонтальной рассечкой в плане и разрезе и геологическая документация его.

Шурф № 18 с горизонтальной рассечкой

Последовательность отложений		Литологический состав породы и мощность, м	Элементы залегания пород
Пласты	№ образцов, отобранных при проходке		
1	—	Почвенный покров 0,3	—
2	—	Делювий, песок с обломками песчаника 2,46	—
3	1	Песчаник	Ав. пад. ЮЗ 225°, ∠72°
4	2	Глинистый сланец 0,76	•
5	3	Песчаник 0,23	Ав. пад. ЮЗ 230°, ∠76°
	4		•
6	5	Озокерит 1,3	—
	6		—
7	7	Известняк плотный	Ав. пад. ЮЗ 234°, ∠78°

работах для вскрытия коренных пород или полезного ископаемого; при этом если маскирующий слой наносов невелик, то обнажение осуществляется лопатой, киркой или геологическим молотком.

Разведочной канавой называется узкая, неглубокая, длинная горная выработка открытого типа, проходима на дневной поверхности при геолого-поисковых и разведочных работах среди дислоцированных осадочных пород, залегающих под наносом, мощностью не более 2—2,5 м. Назначение канавы — получение детального послонного разреза пород толщи или крыла складки. Канавы проходят вкрест простирания пород вручную рабочими или механизированным способом, используя канавокопатели, экскаваторы и др.

Шурфом называется вертикальная или наклонная разведочная выработка прямоугольного сечения (размерами от 0,7 × 1,5 м до 1,2 × 1,8 м) с глубинами от 2—3 до 50 м. Эти выработки применяют в тех случаях, когда мощность наносных отложений значительна и не допускает проведения разведочных канав.

Шурфы применяют для вскрытия коренных пород, замеров элементов их залегания и для изучения свойств пород и полезных ископаемых (фиг. 139, в). Иногда при крутых углах падения пластов, в нижней части шурфа проходится вкрест простирания пластов горизонтальная выработка, называемая рассечкой.

Проходка шурфов также производится вручную рабочими с устройством на поверхности на устье шурфа ворота для подъема породы или механизированным способом путем бурения скважин — шурфов круглого сечения диаметром 0,6 м и глубиной 5—7 м и более (буровым станком АБВ-5).

Буровой скважиной называется горная выработка цилиндрического сечения небольшого диаметра и значительной глубины (от нескольких метров до нескольких сотен метров), предназначенная при геологическом картировании для составления нормального разреза отложений и прослеживания границ пород под наносами и другими покровными толщами.

Картировочные скважины в зависимости от способа бурения бывают ручными и механическими.

К числу искусственных обнажений помимо перечисленных и кратко охарактеризованных относятся железнодорожные выемки, каменоломни, туннели, колодцы, карьеры для добычи строительных материалов и пр.

На обнажении работа геолога заключается в следующем: а) определение местонахождения обнажения и нанесение его на топографическую основу; б) определение состава и характеристики пород, слагающих обнажение (составление стратиграфической колонки обнажения); в) замер элементов залегания пластов и мощности пластов; г) определение геологического возраста отложений по палеонтологическим формам.

При сборе в полевых условиях всех необходимых фактических материалов по перечисленным вопросам одновременно описывают обнажение, делают зарисовки и собирают каменный материал для последующих исследований.

## § 2. Местонахождение обнажения и нанесение его на топографическую карту

Всякой работе с топографической картой на местности должно предшествовать ориентирование на ней, т. е. определение своего местоположения по отношению к окружающим местным предметам или пунктам. При достаточно точной топографической основе, изобилующей заметными ориентирами, определение местоположения обнажения не составляет больших затруднений и заключается лишь в чтении карты по рельефу.

Первым этапом этой работы на обнажении должно быть ориентирование карты по странам света. Ориентировать раскрытую карту — значит повернуть ее так, чтобы верхняя сторона листа карты была обращена к северу и направления от точки стояния на какие-либо местные предметы, изображенные на карте, совпадали с направлениями на те же предметы на местности. На топографической карте вверху всегда обозначается север, внизу юг, справа восток и слева запад.

Наиболее удобный и достаточно точный способ ориентации — это по компасу.

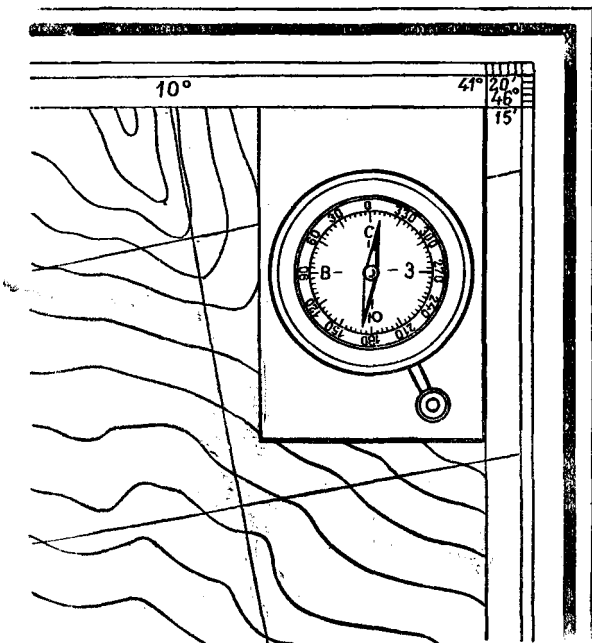
Для ориентирования карты по компасу на карту, приведенную в горизонтальное положение, надо наложить компас так, чтобы линия СЮ компаса совпала с линией меридиана или с рамкой карты (фиг. 140). Затем, освободив стрелку компаса, поворачивают карту вместе с лежащим на ней компасом в горизонтальной плоскости до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не будет совмещен с буквой С на дне коробки.

После того как топографическая карта ориентирована по странам света, на нее наносят описываемое обнажение.

Найти точку стояния на карте, приуроченную к данному обнажению, возможно при помощи горного компаса засечками (по азимутам), путем измерения расстояний от известных на местности и обозначенных на карте точек — ориентиров (водонапорных и силосных башен, отдельных зданий, труб, мачт, вышек буровых скважин, высоких одиночных деревьев и пр.) или инструментально, используя угломерную съемку.

Для отсчета азимутов горным компасом по выбранным ориентирам наблюдатель становится лицом по направлению определяемого предмета, берет компас левой рукой и приводит его в горизонтальное положение; правой же рукой он тормозит излишнее движение стрелки при помощи винта (арретира). Компас располагается так, чтобы длинное ребро дощечки его было обращено по направлению наблюдаемой точки ориентира, а короткое ребро с обозначением С (север) находилось впереди. Отсчитав и записав по большому

лимбу горного компаса азимуты точек, полученные результаты наносят на топографическую карту. Практически это сводится к тому, что у каждой точки ориентира на карте (карта должна быть ориентированной) укладывают горный компас так чтобы северный конец стрелки его совпал с численным значением наблюдаемого азимута, затем вдоль длинного ребра дощечки компаса через точку ориентира (А) прочерчивают линию (фиг. 141, а). Такие же построения делают и для других точек (В, В). Пересечением визирных линий между собой в одной точке Е определяется местонахождение наблюдателя, а отсюда и искомого обнажения.



Фиг. 140. Ориентировка топографической (или геологической) карты по странам света.

В тех случаях, когда визирные линии не пересекаются в одной точке, образуется треугольник невязки (фиг. 141, б).

Из вершин треугольника погрешностей (невязки) опускают высоты на противоположные стороны треугольника и точка пересечения высот определяет местоположение искомой точки.

Если топографическая основа, имеющаяся в распоряжении исследователя, не настолько подробна, чтобы по ней можно было опознать точки, которые необходимо нанести на геологическую карту, их привязывают методами глазомерной съемки.

Следует различать два вида глазомерной съемки: 1) ориентирование по карте с последующим проведением ходов к трудно рас-

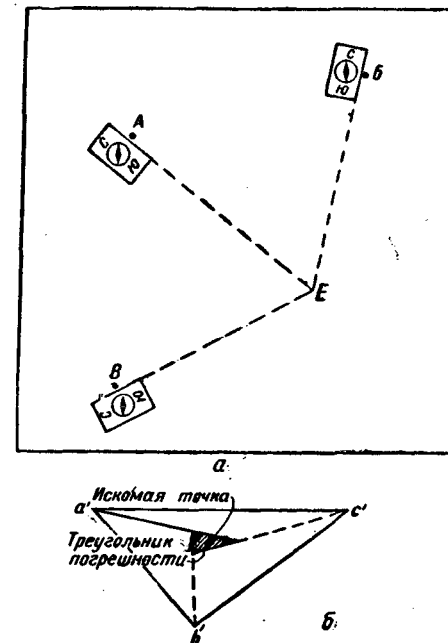
познаваемым точкам и 2) глазомерная съемка в случае отсутствия топографической карты.

При глазомерной съемке применяют специальные приборы: папку-планшет, визирную линейку и компас. Расстояния измеряют глазомерно, шагами, по времени, затрачиваемому на проезд расстояния, иногда по слуху.

Геологи часто производят глазомерные съемки при помощи горного компаса. В этом случае в поле измеряют азимуты и расстояния между отдельными точками с одновременным составлением абриса (кроки). Концы хода привязывают к пунктам, обозначенным на карте или известным на местности (геодезическим, топографическим и др.) (фиг. 142).

Для съемки выбирают точки, с которых можно заснять весь участок, намеченный к изучению; при переходе с одной точки на другую выбирают направления, позволяющие произвести съемку без излишних передвижений; обход начинают с центральной части участка.

Наблюдения записывают в полевую книжку, называемую журналом привязки, который составляется по форме, приведенной в табл. 18.



Фиг. 141. Нанесение на топографическую карту обнажения при помощи горного компаса.

Таблица 18.

Форма полевого журнала при глазомерной съемке

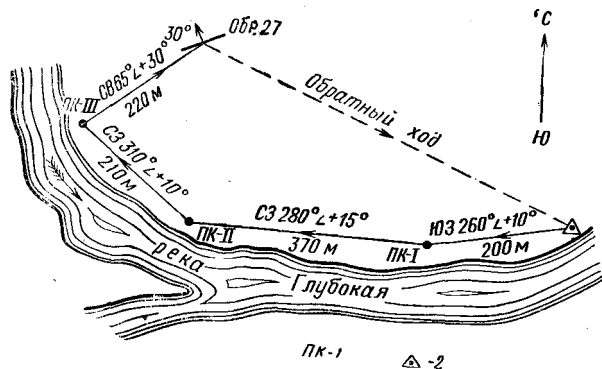
Направление хода	Азимут хода между пикетами	Обратный азимут хода	Угол превышения пикета, градусы	Расстояние между пикетами, м
Репер — пикет I . . . . .	ЮЗ 260°	СВ 80°	+10	200
Пикет I — пикет II . . . . .	СЗ 280°	ЮВ 100°	+15	370
Пикет II — пикет III . . . . .	СЗ 310°	ЮВ 130°	+10	210
Пикет III — обнаж. 27 . . . . .	СВ 65°	ЮЗ 245°	+30	220



Результаты полевых измерений соответствующим образом обрабатывают и затем вычерчивают глазомерный ход съемки по азимутам. Это выполняется в относительно крупном масштабе с обязательной привязкой к исходным пунктам, нанесенным по координатам. Координаты пунктов определяют по карте графически.

При съемке получается невязка, размер которой не должен превышать  $\frac{1}{50}$  периметра хода.

Если глазомерную съемку производят замкнутым ходом, т. е. начальный пункт наблюдения в итоге является и конечным, то невязку разносят методом параллельных линий; при разомкнутом ходе — методом пропорционального деления.



Фиг. 142. Полевой абрис привязки обнажения.

1 — пикеты; 2 — топографический знак-репер, обозначенный на местности.

При проведении инструментального геологического картирования точки наблюдений на топографическую основу наносят инструментально. Для этого необходимо иметь мензулу с кипрегелем — дальномером — или алидаду со зрительной трубой (см. главу XI, § 3).

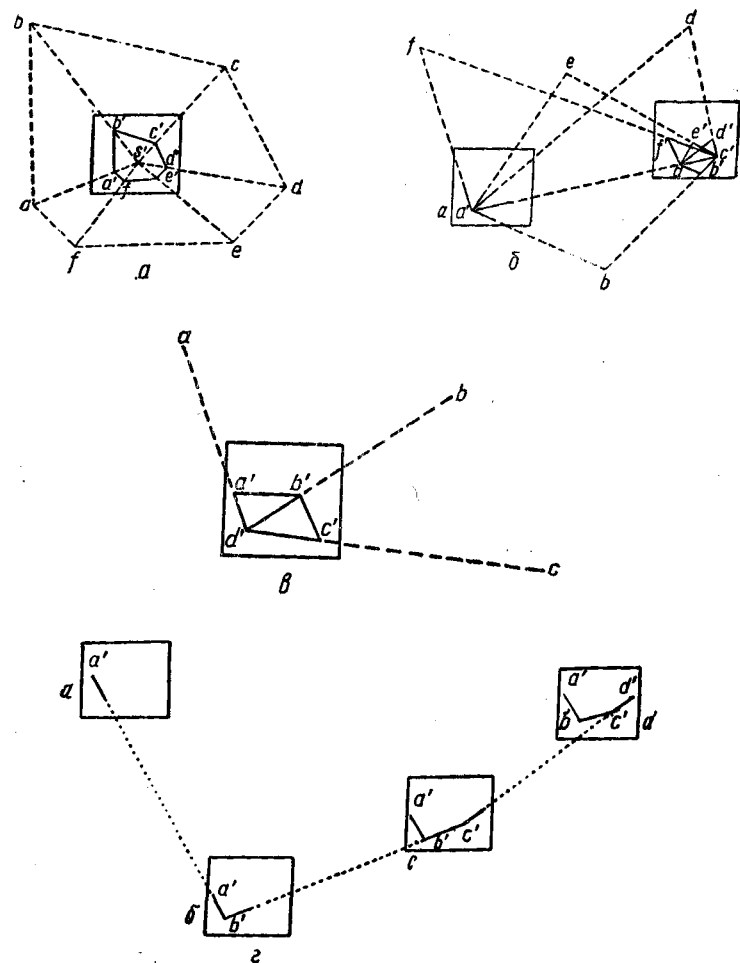
Для определения положения точек наблюдений (обнажений) имеется несколько методов, известных из геодезии: а) метод радиальных засечек из одной точки; б) метод прямых засечек; в) метод обратных засечек; г) метод инструментальных ходов.

Метод радиальных засечек заключается в следующем (фиг. 143, а). Имеем точки  $a, b, c, d, e, f$ , положение которых на карте должно быть определено.

Установив мензулу в точке  $s$ , откуда видны все перечисленные точки, ориентируют планшет по странам света.  $s'$  — местоположение на карте точки  $s$ . Из точки  $s'$  при помощи алидады (или кипрегеля) визируем на вежу (или рейку), поставленную в точке  $a$ , и проводим линию от  $s'$  по направлению к  $a$ , затем измеряем длину от точки  $s'$  до  $a$ . Эту величину в масштабе топографической карты откладываем на карте от точки  $s'$  и находим точку  $a'$  на карте.

Аналогичные наблюдения производят и по всем другим точкам и получают точки  $b', c', d', e', f'$ .

Метод прямых засечек, изображенный на фиг. 143, б, характеризуется нанесением ряда точек на местности



Фиг. 143. Картирование обнажений.

а — методом радиальных засечек; б — методом прямых засечек; в — методом обратных засечек; г — методом инструментальных ходов.

( $a, b, c, d, e, f$ ) на карту путем визирования с известных пунктов  $a$  и  $c$ .

Для этого мензулу первоначально устанавливают в пункте  $a$ , которому на карте соответствует точка  $a'$ , и производят последовательное визирование на все остальные пункты наблюдений

(*b*, *c*, *d*, *e* и *f*) с последующим прочерчиванием к ним линий от точки *a'*. Затем мензулу с планшетом перемещают на другую точку наблюдения, например *c*, и отсюда производят обратное визирование на пункты *b*, *d*, *e* и *f*. Расстояние между пунктами *a* и *c* измеряют на местности и отрезок прямой *a'* откладывают на карте в масштабе карты. Местонахождение искомым точек на карте определяется путем пересечения двух прочерченных от *a'* и *c'* линий.

Метод обратных засечек (фиг. 143, *e*). В пределах изучаемой местности находится ряд точек *a*, *b*, *c*, местоположение которых обозначено на топографической карте *a'*, *b'*, *c'*. Наблюдателю необходимо определить свое положение в точке *d* по отношению к трем точкам *a*, *b* и *c*.

Установив мензулу у точки *a'*, алидаду вращаем в горизонтальной плоскости до тех пор, пока точка *a* не окажется на линии визирования; затем проводим линию от точки *a* через точку *a'*. После этого наблюдения мензулу перемещаем в точку *b'*. Установив алидаду у точки *b'*, вращаем ее до тех пор, пока точка *b* также не попадет на линию визирования. Проводим прямую линию от точки *b* через точку *b'*. Эта линия пересечет линию, проведенную через точку *a'*, в точке *d'*. Произведем те же операции для третьей точки *c*. Если линия, проведенная через точку *c'*, пересечет *a'*, *d'* и *b'*, *d'* в точке *d'*, это значит, что положение точки *d* определено правильно; если же этого нет, три указанные линии образуют треугольник погрешности. В этом случае исправленное положение определяемой точки может быть найдено приближенным путем так же, как для глазомерной привязки.

Метод инструментальных ходов. Этот прием может быть пояснен фиг. 143, *g*, где *a*, *b*, *c*, *d* — точки, которые должны быть нанесены на карту.

Пусть точка *a'* на карте представляет точку *a* на поверхности. Определив местоположение точки *a* и установив планшет в этой точке, ориентируем его по странам света. Поместим алидаду у точки *a'* и визируем на *b*, затем проводим линию от *a'* к *b*. Отложим в масштабе карты по проведенной линии расстояние *ab* и найдем точку *b'*. Перенесем планшет в точку *b* и ориентируем его обратным визированием на точку *a*. Затем таким же образом определим расстояние *bc*, отложим *b'*, *c'* и будем продолжать дальше так же.

Расстояние между пунктами наблюдений определяем путем непосредственного измерения мерной лентой или рулеткой или при помощи дальномера и рейки (см. главу XI, § 3).

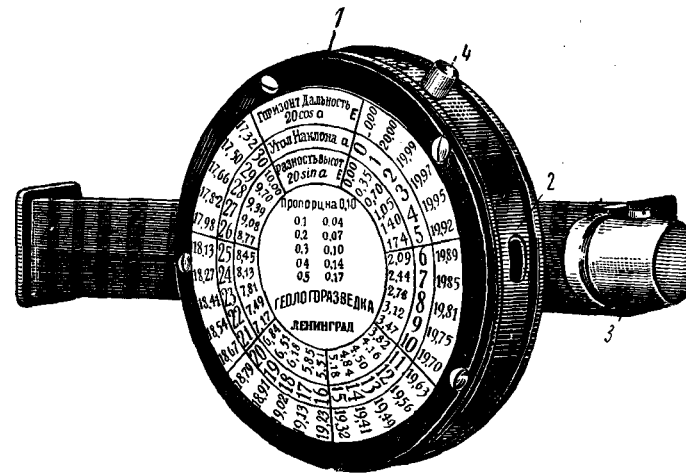
Концы инструментального хода должны быть привязаны к тригонометрическим пунктам либо ход для контроля должен быть замкнутым.

При геологической картировке в сложных условиях рельефа, например, в горных областях, особое значение приобретают вертикальные отметки обнажений. Наиболее простой способ определения высоты осуществляется барометрическим нивелированием. Последнее основано на том, что плотность воздуха с поднятием на высоту уменьшается; отсюда по разностям давления в двух точках

можно определить разность высот этих точек. Для этого определяют давление атмосферы физическими приборами (барометром, анероидом или гипсометром). Техника работы с анероидом описана в главе XI.

Определение относительных превышений и высотных отметок обнажения может быть произведено также глазомерно и инструментально.

В первом случае используют отвес или клинометр горного компаса. Для этого компас приводят в вертикальное положение и располагают так, чтобы линия визирования находилась на уровне глаз наблюдателя и была параллельна направлению склона. При таком положении отвес отклоняется от 0° на угол, равный крутизне



Фиг. 144. Эклиметр.

ската, который и отсчитывают по малому лимбу. Измерив горизонтальное положение между точками наблюдения и учитывая угол ската, определяем превышение точек.

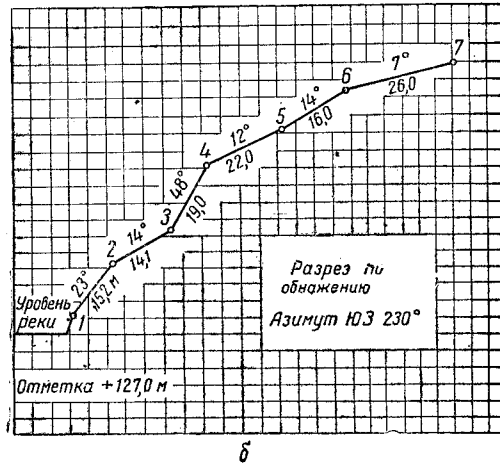
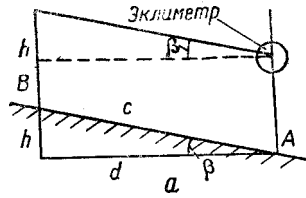
Крутизна скатов может быть определена на-глаз; для этого необходима предварительная тренировка в закреплении в зрительной памяти крутизны нескольких типичных скатов, чтобы путем сравнения можно было быстро определять на-глаз крутизну любого ската. Превышение точек определяют способом, аналогичным предыдущему.

Определение высотных отметок можно получить путем применения прибора для измерения углов наклона местности — эклиметра. Последний представляет собой круглую коробку (фиг. 144), внутри которой вращается колесико, на наружном ободке которого нанесены деления от 0 до 90° в обе стороны от нулевого штриха. Справа в круглой коробке прикреплена визирная трубка, у одного конца которой имеется металлическая нить (предметный диоптр), у другого — прорезь. В коробке 1 имеется круглое отверстие 2 для отсчетов, производимых при помощи лупы 3. При работе экли-

метр держат в руке, смотрят в лупу и наводят предметный диоптр на точку наблюдения. Нажимая кнопку 4, по лимбу эклиметра отсчитывают угол наклона рельефа.

Нивелирование эклиметром выполняется двумя лицами. Одновременно ведут измерение линий мерной лентой или рулеткой. Наблюдатель с эклиметром остается в начале линии А (фиг. 145, а), помощник (коллектор) с лентой идет вперед и останавливается на расстоянии с от наблюдателя (в точке В). Наблюдатель визирует на помощника и измеряет эклиметром угол наклона рельефа. Превышение одной точки над другой определяют по формуле

$$h = d \operatorname{tg} \beta,$$



Фиг. 145. Определение высотных отметок при помощи эклиметра.

а — наблюдения в точке стояния инструмента; б — полевые зарисовки по разрезу обнажения с обозначением точек наблюдения (1, 2, 3 и т. д.), углов наклона рельефа и расстояний между точками.

где  $d$  — измеренное и приведенное к горизонту расстояние  $c$ ;  
 $\beta$  — угол наклона рельефа.

При проведении нивелировки эклиметром производятся полевые зарисовки, типовая схема которых приведена на фиг. 145, б.

Инструментальное определение высотных отметок производится вертикальной съемкой путем нивелирования.

#### Порядок записи в записной книжке

Описание обнажений начинается с тщательной проверки того, что изучаемое обнажение не является оползнем или глыбой, не имеющей «корней», т. е. свалившейся или принесенной. Лишь убедившись, что породы лежат нормально (т. е. *in situ*), приступают к описанию обнажения.

Производство первичной геологической документации — один из самых важных элементов в работах геолога-поисковой партии. Итоги дорогостоящих геологических, поисковых, гидрогеологических и других видов работ концентрируются в геологических отчетах и в геологической документации. Высокое качество ее,

правдивость, точность приводимых данных — это непереносимое условие первичной геологической документации.

Все наблюдения и факты, собранные в продолжение работы в поле, только тогда могут быть полностью использованы, когда они соответственным образом закреплены в записях геолога, когда образцы снабжены этикетками, когда обнажения нанесены под соответствующим номером на карту и т. д. Все наблюдения записывают в записной книжке.

Записная книжка является основным и главным документом геолога, той сокровищницей, куда он накапливает все свои наблюдения и данные. Такая книжка должна быть средних размеров — примерно листов 100—120, из хорошей плотной бумаги с твердым коленкоровым или клеенчатым переплетом. Разлиновку книжки иметь лучше всего в клетку для удобства ведения записей и зарисовок. В переплете книжки должно быть предусмотрено гнездо для карандаша.

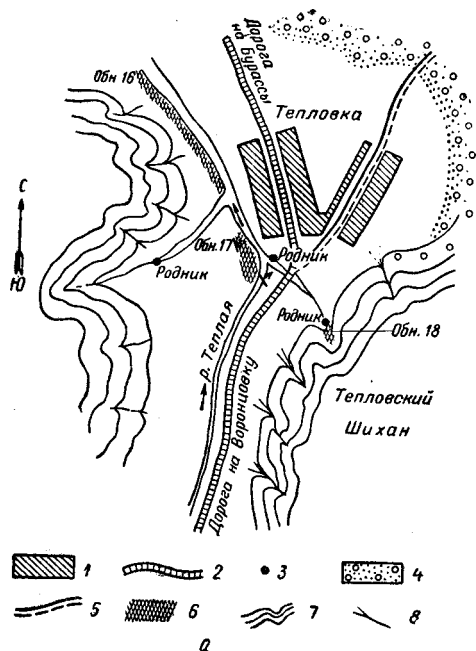
На первой странице книжки нужно написать свою фамилию, имя и отчество, название партии, адрес базы (или постоянный адрес владельца книжки); это дает возможность в случае утери книжки получить ее обратно от нашедшего ее. В полевой обстановке записную книжку геолог должен держать в удобном и надежном месте. Записи в записной книжке должны включать следующие дан-

ные. Точное обозначение места, где встречено обнажение. Местонахождение обнажения указывается относительно каких-либо ориентиров на местности (дороги, реки, моста, населенного пункта и пр.) с указанием направления (север, юг и т. д.) и примерных расстояний от тех или иных ориентиров. При этом описание должно быть кратким, но однако таким, чтобы нахождение обнажения не представляло трудностей. Каждое обнажение обозначают номером, который фиксируют на карте и в полевой записной книжке.

В записной книжке номер обнажения ставят в начале описания и заключают в квадрат. Каждое обнажение записывают под своим номером, причем лучше всего проводить единую нумерацию в течение всей работы. Отдельные пласты в обнажении обозначают буквами или порядковыми номерами. При этом в записи следует указать, как ведется запись: сверху вниз — от пород вышележащих к нижележащим — или, наоборот, снизу вверх; при описании пласта указывают его мощность, особенно в породах нефтеносных, породах-коллекторах, залегающих в кровле и подошве нефтяного пласта и т. д. (фиг. 146, а, б).

Запись рекомендуется вести только на одной правой стороне листка записной книжки, оставляя вторую (левую) сторону для зарисовок, которые лучше всего делать цветными карандашами.

Для обозначения литологического состава пород, элементов залегания и пр. надо пользоваться условными обозначениями, причем важно, чтобы эти условные обозначения выдерживались для всех зарисовок.



27 июля

Район обнажений № 16, 17, 18, 19 и 20 находится вблизи с. Тепловка Саратовской области.

По дороге из с. Воронцовки, у южной окраины с. Тепловка, возвышенность Теплый шихан на востоке, сложенная опочками палеогена, образует естественную границу района. Этот шихан поднимается очень высоко над окружающей местностью и дальше к северо-востоку покрыт смешанным лесным покровом.

К востоку и юго-востоку шихан имеет довольно крутой склон, задернованный кустарником и травяным покровом. Обнажения прослеживаются только по оврагам, в вертикальных стенках которых наблюдаются однородные по своей окраске опочка.

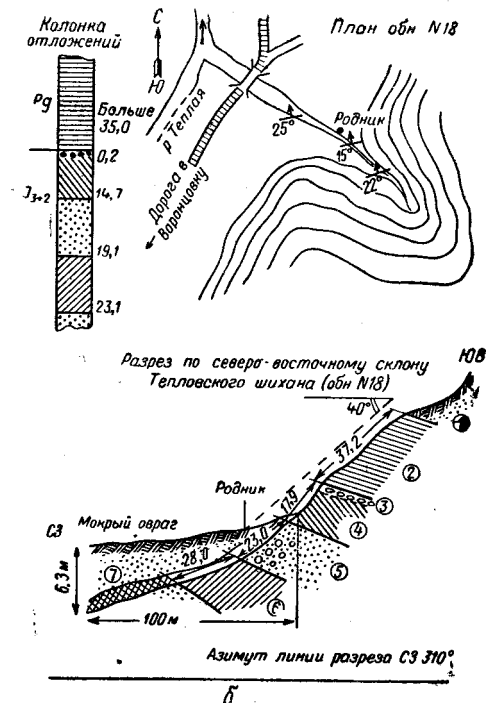
На западе на левом берегу р. Теплая протягивается относительно невысокая гряда мезозойских отложений, восточный склон которой изрезан неглубокими оврагами, где наблюдаются обнажения коренных пород.

Эти две группы возвышенностей между собой посредине создают узкую и сравнительно глубокую долину, где протекает небольшая р. Теплая, в которую впадает несколько оврагов; местами наблюдаются выходы родников. Вода родников пресная, дебит сравнительно небольшой (см. описание отдельных обнажений).

По левому берегу р. Теплая прослежен ряд обнажений: у впадения сухого оврага к югу от села, в каменоломне — на правом берегу р. Теплая обнажается известняк с фауной *Sp. mosquensis*; аз. падения СВ 16°; угол 14—15°; еще ниже — на левом берегу — отмечено обнажение № 17.

Левая страница записной книжки

Правая страница записной книжки



Обнажение № 18

Прослежено по Мокрому оврагу, непосредственно от дорожного моста, находящегося к югу от с. Тепловка.

Овраг простирается по азимуту ЮВ 130°, глубина его у моста достигает 6—8 м.

Описание разреза отложений начато с юго-восточной части его (наиболее приподнятой).

1. Нанос — растительный покров — осыпи, достигающие мощности до 1 м, вниз по склону эта мощность уменьшается и составляет 0,5—0,3 м.

2. Глина светлосерая, сильно известковая, с железистыми прожилками, плотная; аз. падения СВ 335°, угол 22°; измеренная мощность 37,2 м (при угле наклона поверхности рельефа 40°). Образец № 121.

3. Конгломерат базальный, состоящий из мелкой гальки и обломков пород различного состава; мощность 0,2 м. Образец № 122.

4. Глина бледнофиолетового оттенка, слоистая с фауной аммонитов, слабо песчаная; аз. падения СВ 330°, угол 15°; измеренная мощность 17,9 м. Образец № 123.

5. Песок мелкозернистый, белесовато-серый, водоносный (вода пресная, но имеет железистую пленку); измеренная мощность 23 м. Взята проба воды из родника; температура воды +6°, температура воздуха +22°. Образец № 124.

6. Глина темносерая с пепельным оттенком, переполненная фауной, сланцеватая, с тонкими прослойками песка; аз. падения СВ 323°, угол 25°, измеренная мощность 28 м. Образец № 125.

Левая страница записной книжки

Правая страница записной книжки

Фиг. 146а и 146б. Страницы записной книжки и форма ведения записи: справа — описание обнажения, слева — зарисовки схемы разрезов и планов размещения обнажений.

1 — населенный пункт; 2 — гравийная дорога; 3 — родники; 4 — лес смешанный; 5 — грунтовая дорога; 6 — обнажения; 7 — изображение рельефа; 8 — овраги.

### Подробное описание пород, наблюдаемых в обнажении

При описании пород в обнажении наиболее удобно вести наблюдения сверху вниз, начиная с почвенного покрова. Перед описанием слоев надо расчистить с поверхности обнажения верхний выветрелый слой геологическим молотком и, отбивая образцы свежей породы, делать по ним заключения о характеристике пород. Описание обнажений независимо от того, являются ли они искусственными или естественными, заключается в определении литологического состава обнажающихся пород, их мощности, условий напластования, залегания, возраста, содержания полезных ископаемых.

После определения породы описывают ее цвет, величину зернистости, включения, конкреции, секреции, характер трещиноватости, слоистость, отдельности, наличие жил и трещин, их состав, мощность и характер залегания. В областях со сложной тектоникой в каждом обнажении прежде всего надо определить, залегают ли эти породы нормально или их пласты опрокинуты. Для этого надо внимательно следить за стратиграфической последовательностью пластов и за положением характерных элементов слоистости (см. главу I).

По обычным, встречаемым на практике горным породам отмечаются их следующие характерные особенности.

**Галечники и валуны.** Описывают гранулометрический состав (размеры отдельных обломков или галек, средние, максимальные и минимальные), форму и степень окатанности обломков и галек, наличие штрихов, шрамов и т. п., петрографический состав обломков и галек, слоистость и ее характер, расположение галек (беспорядочное, горизонтальное, наклонное).

**Конгломераты и брекчи.** Отмечают все те же особенности, что и для галек и щебня, но, кроме того, описывают состав цемента (кварцевый, известковый, железистый, глинистый, кремнистый, фосфатовый и т. д.), его количество, плотность, однородность, цвет, твердость породы, характер раскола. Если цемент менее крепкий, чем порода галек, последние при раскалывании остаются целыми; если твердость одинакова, расколы проходят через то и другое безразлично (окаменелости, вкрапления, руды и пр.). В случае, если данный конгломерат является базальным, т. е. залегает в основании какой-либо свиты и лежит на поверхности размыва другой, более древней свиты, то необходимо тщательно описать состав и условия залегания этого конгломерата на горизонте, лежащем ниже; тщательно измерить углы падения в нижних и верхних слоях и выявить следы возможного несогласного залегания (фиг. 147).

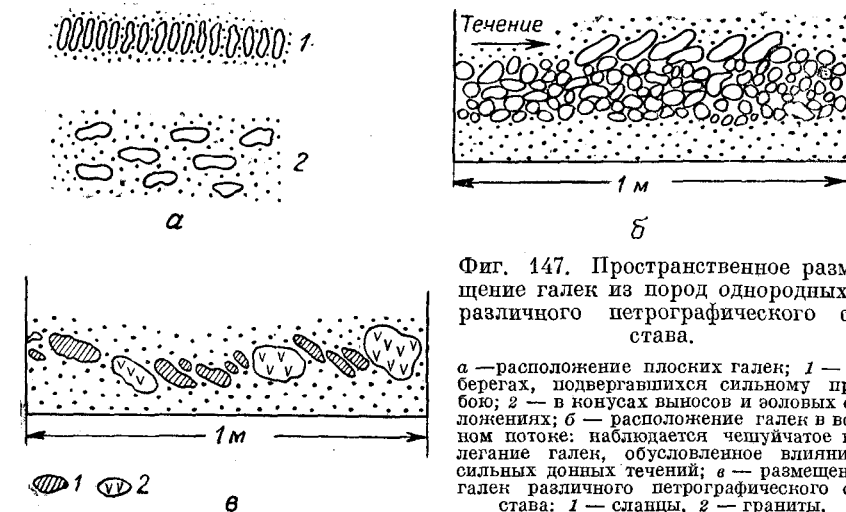
Эти же вопросы надо тщательно выяснить и для тектонической брекчи.

**Пески.** Отмечают петрографический состав (кварцевые, глауконитовые, полиминеральные), гранулометрический состав (крупно-, средне- и мелкозернистые, пылеватые), однородные или неоднородные, форму зерен (угловатая, округленная), слоистость (грубая, тонкая, правильная, неправильная, волнистая, косвенно-диагональная), цвет (в свежем виде и в выветренном) и его интенсивность и характер распределения окраски (равномерный, пятнистый, полосатый и т. д.), включения и палеонтологические остатки, плотность, рыхлость сложения.

**Алевролиты,** представляющие цементированные обломочные породы (размер зерен от 0,01 до 0,1 мм), характеризуются теми же признаками, что и пески.

**Песчанники.** Отмечают те же особенности, что и для песков, но, кроме того, описывают характер цемента (состав, плотность, однородность

и пр.), твердость, прочность, характер излома при раскалывании, трещиноватость, пористость, отдельность, мощность отдельных пластов, наличие, состав и форму включений (конкреции, гальки и т. п.), палеонтологические остатки и характер их сохранности (хорошая сохранность раковин, кости или ядра и пустоты от растворенных частей скелета); если пески заключают в себе конкреции, то описывают размеры, форму и характер расположения этих конкреций. При описании минерального состава песков и песчаников нужно указывать главные минералы, образующие породы: «глауконитово-кварцевый песчаник»; второстепенные же признаки отмечаются так: «кварцевый песчаник со слюдой (или примесью слюды), полевым шпатом, магнетитом и т. п.». Большое внимание необходимо обращать на изменения, связанные с выветриванием (разрыхление, изменение цвета, форма поверхности выветривания, глубина корки выветривания, наличие выцветов, примазок, пятен и т. п.).



Фиг. 147. Пространственное размещение галек из пород однородных и различного петрографического состава.

*a* — расположение плоских галек; 1 — на берегах, подвергавшихся сильному прибою; 2 — в конусах выносов и золовых отложениях; *b* — расположение галек в водном потоке: наблюдается чешуйчатое наложение галек, обусловленное влиянием сильных донных течений; *a* — размещение галек различного петрографического состава: 1 — сланцы, 2 — граниты.

**Глины.** Определяют состав, цвет, сложение (сланцеватые, слоистые), гранулометрический состав (грубое определение на ощупь), на растирание, присутствие песчаных зерен, чистоту, наличие примесей, битуминозность, известковистость, железистость, пластичность, трещиноватость, излом и отдельность в сухом виде (плитчатость грубая, тонкая, неровная, щебенчатость, распадение на многогранники и т. п.), включения, вкрапления, прожилки, прослои, выцветы, пятна, конкреции, палеонтологические остатки.

**Аргиллиты** — твердые глины или каменистые глинистые породы; характеризуются признаками, присущими глинам.

**Известняки, мел и доломиты.** Отмечают цвет, твердость, характер излома, структуру (кристаллическую, полукристаллическую, афанитовую, землястую, органогенную, например, раковистые, нуммулитовые, фузулиновые или коралловые известняки); размер зерен (в кристаллических, оолитовых, обломочных известняках); химические и механические примеси (глинистые, песчаные, кремнистые, железистые, битуминозные и тому подобные известняки), конкреции, прожилки, рудные вкрапления и включения, явления метасоматоза, палеонтологические остатки и их сохранность. Большое внимание уделяют их трещиноватости и явлениям коррозии и карста.

**Мергели.** Отмечают цвет, твердость, состав и наличие примесей (песчаные, кремнистые, железистые, доломитовые, битуминозные, глауконитовые и т. п.); структуру и характер излома, конкреции, про-

жилки и прожилки, включения и вкрапления, слоистость, характер выветривания, трещиноватость, тип щебенки, ископаемые и их сохранность.

**Т р е н е л.** Описывают цвет, рыхлость и механический состав (наличие грубых частиц), примеси (глина, карбонаты, зерна кварца, глауконита, слюды), слоистость, включения, прожилки, ископаемые.

**О п о к и.** Отмечают цвет, плотность, твердость, слоистость, состав примеси (глина, карбонаты, кварц, глаукониты, слюды), однородность или неоднородность цементации и окраски, трещиноватость, излом, характер выветривания и тип щебенки, ископаемые и их сохранность.

**Ф о с ф о р и т ы.** Отмечают размеры и форму желваков, наличие следов окатанности, характер поверхности (шероховатая, гладкая, отполированная и т. д.); цвет снаружи и на расколе, характер излома, механический состав (глинистые, тонкопесчанистые, грубопесчанистые), примеси (кварцевые, глауконит, карбонаты, сульфаты, окислы железа), характер выветривания, ископаемые.

**Г и п с и а н г и д р и т.** Отмечают цвет, сложение (плотное, тонко-, крупнозернистое, кристаллическое), слоистость, примеси, включения, прожилки, трещиноватость, наличие карстовых явлений.

Не перечисляя других пород и их основных признаков, укажем лишь на то, что простейшие методы определения их приведены в приложении X.

### Описание характерных элементов пластов (слоев) обнажения

При переходе в описании от одного к другому пласту рекомендуется обращать особенное внимание на характер верхней и нижней границ их. Здесь следует отмечать прямолинейность, волнистость, резкие неровности, явления размыва, выступы, следы выветривания, размыва, коррозии и т. д.

Кроме того, надо изучать фациальные изменения пород по простиранию и падению; производить предварительное определение найденных окаменелостей и отмечать все явления метаморфизма и пр.

При изучении несогласий для установления основных элементов его как в обнажениях, так и при бурении скважин основное внимание геолога должно быть направлено на следующие общие признаки:

а) резкое изменение фауны, которое указывает на наличие стратиграфического перерыва и несогласия;

б) наличие базального конгломерата, прослеживаемого по обилию гальки отложений, лежащих ниже; базальный конгломерат отличается от внутриформационного своей сравнительно малой мощностью, непостоянством состава гальки, имеет на значительном протяжении горизонтальное распространение и переходит выше в отсортированные и более тонкозернистые отложения;

в) резкий переход от морских к континентальным отложениям или наоборот; это свидетельствует о наличии перерыва в отложении или несогласия в залегании;

г) различные следы выветривания (физического или химического) являются признаками перерыва; к ним относятся пустынная лакировка («загар») на поверхности галек, скопления фосфоритов, желваков, пиритовых конкреций и др., окремнение эрозионной поверхности известняков. По характеру рельефа можно судить об интенсивности процесса экзогенной дифференциации (т. е. ско-

рости процесса разрушений и сноса продуктов разрушения горных пород) и, следовательно, о скорости вступления в зону выветривания более глубоких, еще неизмененных горизонтов горных пород.

Изменение характера экзогенной дифференциации и особенностей морфологии рельефа обусловлено интенсивностью колебательных движений, которая для одной и той же территории не остается постоянной и в ходе геологической истории меняется.

Изменение интенсивности колебательных движений вносит существенные изменения в фациальные условия накопления осадков. Отсюда основа фациального режима является следствием геотектонического режима. Например, если глины распространены на большой территории, по своему характеру однообразны, то, очевидно, такие глины образовались в морском бассейне в условиях вертикальных движений малой интенсивности; значительная распространенность песков и галечников указывает на наличие интенсивных тектонических движений. Четкая зональность, хорошая сортировка материалов внутри каждой из зон свидетельствуют о средней интенсивности движений.

При рассмотрении смены фаций в разрезе отложений надо обращать внимание на выпадение и последующий возраст некоторых форм фауны, которые происходят при появлении равнозначных фаций.

Такое изменение в фауне обусловлено скорее перемещением береговой линии, а не общим изменением геотектонического режима. Таким образом, отдельные типы пород описывают в следующей последовательности:

- 1) форма залегания (слой, пласт, линза и пр.);
- 2) вещественный состав;
- 3) характер структуры (зернистость) и текстуры (слоистость, наслоение и др.);
- 4) цвет (в свежем изломе, наличие налетов);
- 5) характеристика цементирующего вещества;
- 6) включения, конкреции;
- 7) органические остатки (палеонтологические формы);
- 8) отдельность, сланцеватость, трещиноватость;
- 9) прожилки, жилы;
- 10) мощность слоя, пласта, линзы;
- 11) взаимосвязь со смежными породами (переходы или резкие границы, их характер); изменение по простиранию;
- 12) условия отложения и последующие изменения;
- 13) нефтегазопроявления.

### Зарисовка обнажений

При описании обнажений особое внимание должно быть уделено зарисовкам. Наглядное изображение формы обнажения, представленное в схематическом виде, имеет своей целью показать характер последовательности и условия залегания пород в данном пункте.

Некоторые детали обнажения, изображенные на плане, становятся более понятными и доходчивыми, чем это указано в кратком изложении при описании его местоположения. Общее представление о взаимосвязи пород обнажения с рельефом местности, а также последовательность залегания слоев можно изобразить на геологическом профиле (в вертикальном разрезе). Все горные породы на таких зарисовках дают в условных знаках и обозначают под теми номерами, под которыми они описаны в записной книжке (на правой стороне). На таких разрезах отмечают измеренные мощности слоев, их элементы залегания и углы наклона поверхности, т. е. все необходимые сведения для определения истинных мощностей слоев и составления нормальной колонки отложений.

Наряду с зарисовками целесообразно также делать фотоснимки наиболее характерных и интересных в геологическом или тектоническом отношении обнажений. При этом надо помнить, что фотоснимок не заменяет зарисовку, а является лишь дополнением к ней, одинаково отражающим не только наиболее существенные геологические детали, но и окружающие породы.

При зарисовках полезно некоторое преувеличение масштаба заднего плана, если объекты этого плана важны для целей рисунка. Впечатление глубины пейзажа достигается кулисообразным расположением гор и увалов. Линии переднего плана делают толстыми; объекты, более удаленные, рисуют все более уменьшающимися вдаль.

На рисунках делают пояснительные надписи или буквенные обозначения, объясняемые в подписи. Вычерчивание в туши и раскрашивание делают позже.

#### Отбор образцов

Отбирая образцы горных пород, нужно заботиться, чтобы при минимальном их весе и объеме каждый образец дал исчерпывающее представление о породе, поэтому его нужно брать из невыветрелой породы.

Размер и место взятия образца определяются назначением его. Отборные образцы должны привязываться к колонке обнажения. При отборе образца в этикетке и в записной книжке нужно точно указывать не только номер обнажения и номер пласта, из которого взят образец, но и более точно место отбора, например в подошве пласта № 3 или в 70 см ниже кровли пласта № 6 и т. д. На колонке обнажения отмечают место взятия образца и его номер. Для иллюстрации литологического состава образец берут от свежего раскола; для шлифов обычно берут куски размером 3×3×2 см. Образцы для иллюстрации слоистости, выветривания и пр. можно брать любых размеров. Равным образом не ограничивается объем палеонтологических образцов. Последние также рекомендуется брать непосредственно из пласта и лишь в виде исключения из осыпей со специальной отметкой об этом в записной книжке, причем необходимо определить положение пласта, из которого высыпались данные окаменелости.

Палеонтологические сборы, особенно из местностей новых и из отложений, возраст которых неизвестен, должны быть сделаны в достаточных количествах, так как часто только обильная фауна хорошей сохранности может привести к точному определению возраста. Среди отложений, кажущихся немymi, обязательно особенная тщательность и настойчивость в поисках окаменелостей.

Рекомендуется окаменелости на месте не выбивать начисто, т. е. не отделять их полностью от породы. Однако крупные куски с фауной следует брать лишь в том случае, если порода ею переполнена и если раковины трудно сохранить без породы.

Поиски окаменелостей производят осторожным соскабливанием или откалыванием кусков породы легкими ударами молотка.

Растительные отпечатки берут как позитивные, так и негативные; при упаковке их прокладывают ватой или бумагой. Остатки позвоночных требуют особой осторожности в отборе их; если кости хрупки, то для сохранения во время перевозки их заливают в гипс или хотя бы в глину с резаной соломой. Расположение костей в породе зарисовывают.

Собранные органические остатки заворачивают в бумагу (завязывают бечевкой) и складывают в зашнурованные мешочки. В записной книжке после описания породы ставят номер мешочка с образцами органических остатков. Хрупкие окаменелости, нежные отпечатки растений, рыб, необходимо обвертывать ватой и класть в небольшие коробки.

Одновременно со сбором органических остатков производят отбор образцов пород для последующего специального изучения. При сборе образцов необходимо отбирать наиболее характерные из них, которые могут представлять интерес для дальнейшего исследования. Прежде всего необходимо брать образцы пород, полевое определение которых затруднительно и которые должны быть точно определены при камеральной обработке материалов. Совершенно необходимо также брать образцы битуминозных и нефтесодержащих пород, чтобы определить состав битума и процент содержания его. Обязательно отбирают образцы различных полезных ископаемых.

Все собранные образцы снабжают этикетками, заворачивают в бумагу и упаковывают в ящики. Этикетка представляет листок бумаги размером 6 × 8 см, на которой типографским путем отпечатано наименование организации, которая ведет данные работы; кроме того, в ней указаны наименование партии, номер ее и фамилия начальника партии, дата взятия образца, номер образца, номер обнажения, номер пласта, из которого взят образец, наименование породы.

Этикетку складывают и заворачивают в оберточную бумагу, в которую затем заворачивают образец и обвязывают его бечевкой. Номер образца подписывают чернильным карандашом в двух местах на внешней стороне завернутого образца. Все образцы плотно укладывают в ящик. В каждый ящик помещают опись уложенных в него образцов. Снаружи подписывают наименование партии, но-



мер ящика и номер обнажений, с которых взяты упакованные образцы. Это исключает большую работу, которую пришлось бы вести на месте камеральной обработки при поисках тех или иных образцов. Образцы пород, предназначенные для литолого-петрографического исследования, упаковывают отдельно от образцов, предназначенных для палеонтологических определений.

Отбирая пробу воды в обнажении, источнике или колоде, следует в записной книжке и на специальной этикетке, привязываемой или приклеиваемой к бутылке, указать дату взятия пробы, местоположение и название речки, источника, озера, болота и т. д., температуру воды при взятии, ее физические свойства (цвет, прозрачность, запах, вкус). Пробы воды нужно хранить в закупоренных и засмоленных бутылках. При упаковке требуется особая забота об их сохранности.

При обработке фактических материалов особое внимание должно быть обращено на качественное изучение обнаруженных полезных ископаемых. Все необходимые исследования должны производиться непосредственно вслед за отбором проб одновременно с поисковыми работами, чтобы данные химических анализов контролировали и ориентировали направление поисково-разведочных работ в зависимости от изменения качества полезного ископаемого на разных участках исследуемой площади.

В каждой экспедиции, поисковой и разведочной партии обязательно должна быть полевая химическая лаборатория. В задачу полевых лабораторий входит упрощенное и ускоренное изучение разведываемых объектов с целью получения данных непосредственно в полевой обстановке на месторождении для оперативного руководства поисками. Походные портативные лаборатории рассчитаны на использование их геологами без специального обслуживающего персонала. Располагая такой лабораторией, геолог всегда сможет сделать качественный и полукачественный анализ взятых образцов.

### § 3. Определение элементов залегания пластов обнажения

Замер элементов залегания является важнейшей операцией, и ее следует производить по возможности на каждом пласте и с максимальной полнотой.

Способы определения элементов залегания пород подразделяются на прямые и косвенные. При прямом способе элементы залегания пород непосредственно определяют замером в той или иной точке. В отличие от них косвенные характеризуются тем, что элементы залегания пород вычисляют или определяют при помощи графических построений либо при помощи геологической карты.

Обычно замеряются азимут и угол падения пласта. Примером записи элементов залегания является: «Аз. падения ЮВ 143,  $\angle 30$ . При вертикальном падении пласта отмечается только азимут простирания.

Прямым способом определения элементов залегания пород является замер их горным компасом. Для этого на обнажении выбирают характерную поверхность напластования и на ней расчищают

небольшую площадку размерами  $20 \times 20$  см. Следует отметить, что выбор таких площадок нужно делать, убедившись в том, что падение плоскостей напластования в выбранном месте соответствует истинному залеганию (падению) их. Иногда наблюдается ложное падение, обусловленное местными отклонениями в азимутах и углах падения от фактического — истинного — залегания, происходящего под действием оползней, обвалов, процессов выветривания и др.

В полевых условиях элементы залегания замеряют или по плоскости напластования (см. фиг. 43), или по двум вертикальным стенкам обнажения, когда для непосредственного замера не удастся сделать расчистку площадки (например, в каменоломнях, карьерах и шурфах). В этом случае замеряют простирание каждой стенки и видимый на ней угол падения (например, простирание первой стенки СВ 65, видимое падение ЮЗ  $\angle 45$ ; простирание второй стенки СЗ 315, видимое падение на ЮВ  $\angle 60$ ). Истинный азимут и величину падения пласта определяют графически.

От точки *a* (фиг. 148, *a*) при помощи транспортира (или компаса) проводят линии *ac* и *ab* с простиранием, соответствующим простиранию стенок обнажения (СВ 65° и СЗ 315°). В точке *a* к линиям *ac* и *ab* восстанавливают перпендикуляры и на каждом из них откладывают отрезки  $ae = ad$ . У точки *d* строят угол, дополнительный к углу падения, замеренному на этой плоскости ( $90 - 45 = 45^\circ$ ); у точки *e* — угол дополнительный к измеренному на этой плоскости ( $90 - 60 = 30^\circ$ ). Стороны построенных углов продолжают до пересечения с линиями *ab* и *ac* в точках *fg*. Линия *fg* дает истинное простирание пласта, а перпендикуляр (*ah*) к линии *fg* — направление истинного падения, азимут которого можно определить транспортиром (ЮВ 178°).

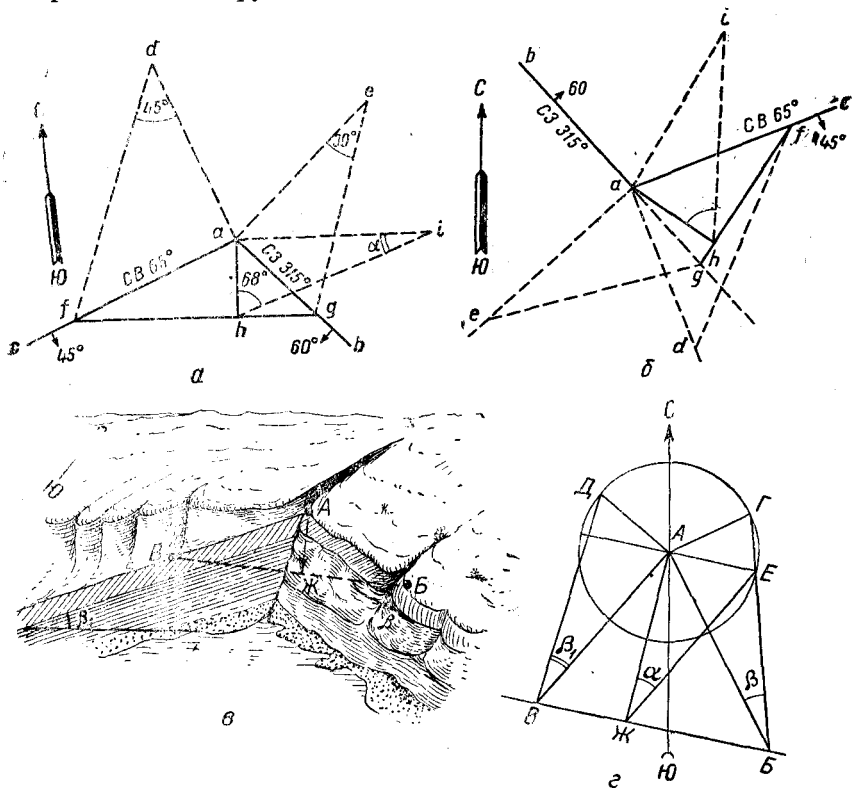
Из точки *a* к линии *ah* восстанавливают перпендикуляр и на нем откладывают  $ai = ad = ae$ . Соединив точки *i* и *h*, получают угол *ahi*, который будет равен истинному углу падения пласта (68°).

Описанное построение справедливо для случая, когда кажущееся падение в обоих наблюдаемых фасах (стенках) направлено в разные стороны. В случае же направления кажущегося падения в одну сторону графическое построение делается так (фиг. 148, *b*). Один треугольник строят на правом фасае, а другой на продолжении левого фасаа вправо; линия простирания *fg* получится вне угла, и падение *ah* будет направлено вправо. Аналогичные построения применяют и тогда, когда кажущееся падение в обоих фасах направлено влево.

Определение в полевых условиях элементов залегания пласта по двум видимым плоскостям падениям производится достаточно просто. В овраге (фиг. 148, *в*) обнажается пласт красной глины. Одна из стенок ориентирована в направлении ЮВ 150°, а другая — ЮЗ 220°. В первой стенке кровля глины имеет видимое падение на ЮВ 150° и угол видимого падения 20°, а во второй стенке видимое падение этой же самой плоскости — ЮЗ 220°, угол падения 30°.

Для определения истинного падения делают графическое построение (по Апродову В. А.), приведенное на фиг. 148, г.

На чертеже проводят линию меридиана С—Ю и из точки А по азимутам замеренных видимых падений проводят две линии АВ и АВ. Вокруг точки А как центра описывают окружность произвольного радиуса. Из точки А восстанавливают перпендикуляры к проведенным направлениям видимых падений и продолжают их до пересечения с окружностью в точках Г и Д. В этих точках при



Фиг. 148. Замер элементов залегания пласта по двум стенкам обнажения.

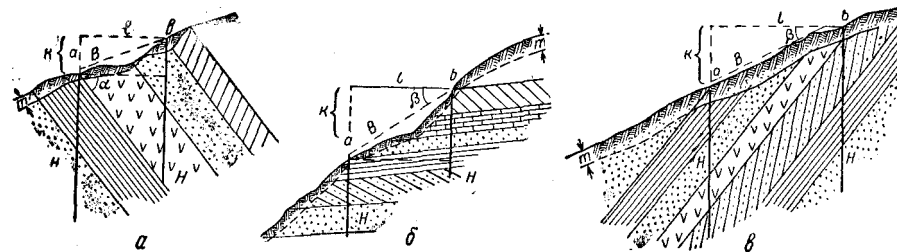
помощи транспортира строят углы, дополнительные к соответствующим углам видимого падения. Стороны построенных дополнительных углов продолжают до пересечения их с направлениями видимых падений в точках В и В. Соединяют точки В и В между собой прямой, которая является линией простирания.

Перпендикуляр АЖ является направлением истинного падения плоскости, которое определяется транспортиром (ЮЗ 190°).

Для определения угла падения из точки А проводят прямую, параллельную линии ВВ, до пересечения с окружностью в точке Е. Угол АЖЕ является углом истинного падения, величина которого измеряется также транспортиром.

### Определение элементов залегания пласта в горно-разведочных выработках

При отсутствии обнажений на всей изучаемой площади для определения элементов залегания приходится обращаться к проведению горно-разведочных выработок, например к шурфовке, которую начинают с заложения пробного шурфа. Все последующие шурфы располагаются по линиям, которые проводят по возможности вкrest простирания пород. Расстояние между шурфами зависит от задачи, которая возлагается на шурфовочные работы. Если требуется составить сплошной литолого-стратиграфический разрез отложений, то горизонтальное расстояние между шурфами будет определяться формулами:



Фиг. 149. Определение расстояния между шурфами.

а — пласты коренных пород и рельеф местности падают в разные стороны; б — пласты коренных пород и рельеф местности падают в одну сторону, причем падение пород положе рельефа; в — пример аналогичный случаю б, но падение пород круче рельефа.

при падении склона дневной поверхности и пород в разные стороны (фиг. 149, а):

$$l = [(H - m) - K] \operatorname{ctg} \alpha;$$

при падении склона дневной поверхности и пород в одну сторону, причем падение пород положе (фиг. 149, б):

$$l = [(H - m) + K] \operatorname{ctg} \alpha;$$

при падении склона дневной поверхности и пород в одну сторону, причем падение пород круче (фиг. 149, в):

$$l = [K - (H - m)] \operatorname{ctg} \alpha.$$

Здесь  $l$  — проекция расстояния между шурфами в горизонтальной плоскости;

$H$  — общая глубина шурфа;

$m$  — мощность наносов;

$\alpha$  — угол падения слоев;

$K$  — разность отметок устьев двух соседних шурфов.

При определении расстояния между шурфами непосредственно в поле в приведенные формулы, в которых фигурируют проекции расстояния между шурфами  $l$ , необходимо применять величину измеренного расстояния  $B$ , измеряемого по дневной поверхности, с учетом угла наклона или ската рельефа  $\beta$ . В этих условиях отме-

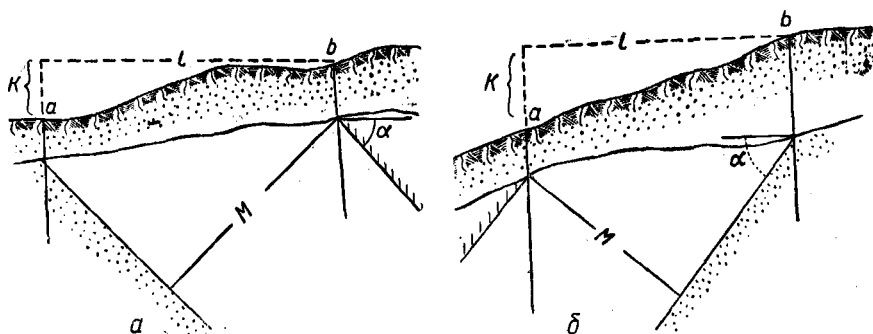
чаем такую зависимость между горизонтальной проекцией расстояния  $l$  и превышением  $K$  одного пункта (устье шурфа) над другим, с одной стороны, и расстоянием, измеренным на поверхности  $B$  и углом склона  $\beta$ , с другой стороны:

$$l = B \cos \beta; \quad K = B \sin \beta.$$

Измеренное по поверхности расстояние между шурфами  $B$  в общем виде будет определяться из формулы

$$l = \frac{(H - m) \cos \alpha}{\sin(\alpha \pm \beta)}.$$

Исходя из экономических соображений (относительная дороговизна), задачу составления по шурфам сплошного разреза ста-



Фиг. 150. Определение горизонтального расстояния ( $l$ ) между шурфами при составлении непрерывного разреза.

$a$  — склон и рельеф падают в противоположные стороны;  $b$  — склон и рельеф падают в одну сторону.

раются решить более простыми и дешевыми способами. Обычно на шурфовку возлагают в основном выяснение тектонических элементов структуры. В этом случае расстояние между шурфами берут больше; пропускают целые серии слоев, при шурфовке стремятся уловить местонахождение лишь маркирующих горизонтов. Задаваясь мощностью  $M$  серии слоев (фиг. 150), которые можно оставить нескрытыми, расстояние между шурфами определяют из формулы

$$l = \frac{M}{\sin \alpha} - K \operatorname{ctg} \alpha$$

при падении дневной поверхности и пород в разные стороны (фиг. 150,  $a$ );

$$l = \frac{M}{\sin \alpha} + K \operatorname{ctg} \alpha$$

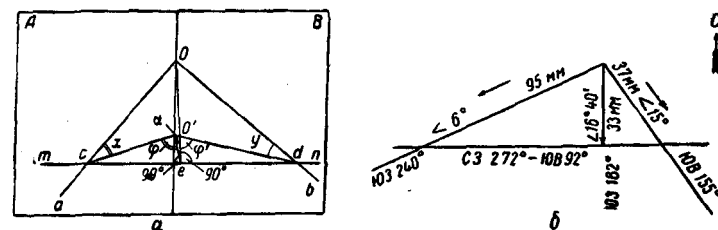
при падении дневной поверхности и пород в одну сторону, причем падение пород круче (фиг. 150,  $b$ ).

В этом случае глубина шурфов зависит исключительно от мощности наносов, так как по коренным породам шурфы углубляют

лишь настолько, чтобы вскрыть неветрелую породу с отчетливо выраженными элементами залегания.

Наиболее простые способы определения элементов залегания пласта в горно-разведочных выработках возможны при помощи элементарного графического построения.

На стенках выработки (шурфа, разведочной канавы, штольни и др.) наблюдаются следы плоскостей пласта, образующие с горизонтальными линиями углы так называемого видимого падения, лежащие в плоскостях стенок. От этих углов видимого падения требуется перейти к углу истинного падения, лежащему в плоскости падения пласта (кровле или подошве его).



Фиг. 151. Определение элементов залегания пласта графическим способом.

$a$  — на основе определения котангенсов видимых углов падения;  $b$  — пример.

Для разрешения этой задачи необходимо учитывать ту зависимость, которая существует между истинным углом падения и видимым углом, находящимся в какой-то другой плоскости, составляющей с плоскостью падения некоторый угол (см. фиг. 51).

Такие выводы дают возможность производить графическое определение элементов истинного залегания пластов.

В шурфе на двух смежных стенках выбирают для этого плоскость напластования с ясными следами. Замеряют азимут стенок, причем северное деление (С) компаса должно быть направлено в сторону падения. На каждой стенке по клинометру компаса измеряют видимые углы падения, которые лежат в плоскостях стенок.

Для решения задачи надо от углов видимого падения перейти к истинному углу падения, лежащему в плоскости падения. Возьмем две смежные стенки шурфа  $A$  и  $B$ , по которым можно отчетливо наблюдать видимые падения слоев (фиг. 151,  $a$ ).  $oa$  и  $ob$  — следы некоторой выбранной плоскости напластования.

Пересечем шурф произвольно выбранной горизонтальной плоскостью  $to'n$ . Эта плоскость пересечет следы пласта в точках  $c$  и  $d$ . Линия  $cd$  явится линией простираения, а катеты двух прямоугольных полученных на стенках шурфа треугольников  $co'$  и  $do'$  будут

связаны с соответствующими видимыми углами падения, замеренными на стенках шурфа, так:

$$oo' = \frac{co}{\operatorname{ctg} x}; \quad (1)$$

$$oo' = \frac{do'}{\operatorname{ctg} y}, \quad (2)$$

где  $x$  и  $y$  — видимые углы падения.

Проведем через вертикальную линию плоскость, перпендикулярную линии простирания  $cd$ . Тогда линия  $o'e$  — линия падения, а угол  $o'eo$  — угол падения  $\alpha$ .

$$do' = oo' \operatorname{ctg} y; \quad (3)$$

$$co' = oo' \operatorname{ctg} x; \quad (4)$$

$$eo' = oo' \operatorname{ctg} \alpha. \quad (5)$$

Отрезки  $do'$ ,  $co'$ ,  $eo'$  соответственно пропорциональны  $\operatorname{ctg} y$ ,  $\operatorname{ctg} x$ ;  $\operatorname{ctg} \alpha$ , где коэффициент пропорциональности произвольно выбранная величина  $oo'$ .

Из треугольника  $ceo'$

$$eo' = co' \cos \varphi; \quad (6)$$

из треугольника  $deo'$

$$eo' = do' \cos \varphi', \quad (7)$$

где  $\varphi$  и  $\varphi'$  — углы, образуемые плоскостью падения ( $eo'o$ ) со стенками шурфа ( $A$  и  $B$ ).

Решая совместно уравнения (5), (6) и (1), получим

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{co'}{oo'} \cos \varphi = \operatorname{ctg} x \cos \varphi;$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} x \cos \varphi.$$

Решая совместно уравнения (5), (7) и (2), получим

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{do'}{oo'} \cos \varphi' = \operatorname{ctg} y \cos \varphi';$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} y \cos \varphi'.$$

То же самое выражение можно получить, воспользовавшись зависимостью между видимыми и истинными углами падения (фиг. 51):

$$\operatorname{tg} x = \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi;$$

$$\operatorname{tg} y = \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi'.$$

Написанные выше выражения можем преобразовать так:

$$\frac{\operatorname{tg} x}{\operatorname{tg} \alpha} = \cos \varphi; \quad \frac{\operatorname{tg} y}{\operatorname{tg} \alpha} = \cos \varphi',$$

или

$$\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\operatorname{ctg} x} = \cos \varphi; \quad \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\operatorname{ctg} y} = \cos \varphi',$$

или

$$\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} x \cos \varphi; \quad \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} y \cos \varphi'.$$

Воспользуемся выведенной выше зависимостью и обратимся к графическому определению элементов залегания пласта в шурфе.

По измеренным в двух смежных стенках шурфа азимутам стенок и видимым углам падения строят транспортиром или горным компасом диаграмму. На листе бумаги выбирают положение меридиана и лист ориентируют по странам света. Затем по соответственным азимутам наносят стенки шурфа. Направление видимых падений отмечают стрелками.

На проведенных линиях от точки их пересечения откладывают в сторону стрелок в произвольно выбранном масштабе отрезки  $oo'$ , пропорциональные котангенсам соответственных видимых углов падения, концы которых соединяются между собой прямой. Это — линия простирания. Линия, перпендикулярная к ней, направленная в ту же сторону, что и видимые падения, является направлением истинного падения. Азимуты простирания и направления падения измеряются на ориентированном листе бумаги путем прикладывания к данной линии горного компаса его длинной стороной и отсчета затем по северному концу стрелки.

Отрезок линии падения от вершины угла диаграммы до пересечения с линией простирания будет выражать собой котангенс угла истинного падения в том же масштабе, в каком два других отрезка выражают собой котангенсы углов видимого падения.

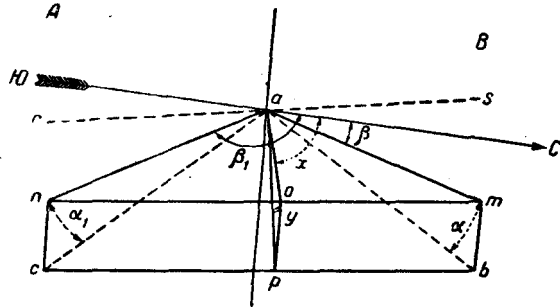
**Пример.** Пусть замеры в шурфе для одной стенки отметили азимут  $155^\circ$  ЮВ, угол видимого падения  $15^\circ$ , для другой — азимут  $240^\circ$  ЮЗ, угол видимого падения  $6^\circ$ . На ориентированном листе бумаги (фиг. 151,б) проводим две линии тех же азимутов, что и стенки шурфа. Берем котангенсы углов  $\operatorname{ctg} 15^\circ = 3,7321 = 3,7$ ,  $\operatorname{ctg} 6^\circ = 9,5144 = 9,5$  и откладываем на соответственных линиях от точки пересечения по направлению падения два отрезка, пропорциональные указанным котангенсам. Выразим котангенсы в масштабе  $1,0 = 1 \text{ см}$ . Тогда откладываемые отрезки будут равны 37 и 95 мм. Соединяя их концы прямой, получаем линию простирания, азимут которой  $82^\circ$  СВ —  $262^\circ$  ЮЗ. Далее опускаем на линию простирания перпендикуляр и отмечаем стрелкой направление падения; оно будет направлено в ту же сторону, что и оба видимые падения. Азимут падения  $172^\circ$  ЮВ. Измеряем полученный отрезок на линии падения в принятом выше масштабе и получаем  $\operatorname{ctg} \alpha = 33 \text{ мм}$ , или 3,3.

По таблице натуральных котангенсов находим  $\alpha = 16^\circ$  (округленно). При этом угол истинного падения всегда будет больше каждого из углов видимого падения.

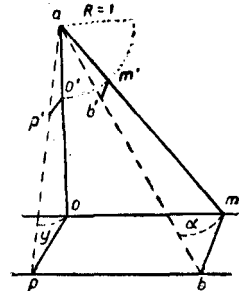
Способы измерения элементов залегания пластов, описанные выше, дают при полого падающих пластах весьма неточные результаты. Особенную трудность представляет определение линии падения при помощи горного компаса, а это влечет за собой неправильное определение азимутов падения. Эти ошибки весьма чувствительны для геологических съемок на больших площадях. Для исключения этого ниже рекомендуется способ, позволяющий измерение углов заменить измерением длины линий. Этот способ применим при

определении азимутов и углов падения в двух смежных стенках шурфа или в горизонтальной подземной горной выработке, пройденной вкрест простирания пород. Пусть (фиг. 152) линии  $ab$  и  $ac$  — следы плоскостей наложения на вертикальных стенках шурфа. Отсюда  $cab$  — плоскость наложения пласта в шурфе. Проведем через  $a$  горизонтальную плоскость  $nam$ , при этом линии  $na$  и  $ma$  — линии пересечения горизонтальной плоскости с вертикальными стенками шурфа; отсюда  $\angle nac = \alpha_1$  и  $\angle tab = \alpha$  — углы падения линий  $ac$  и  $ab$ . Эти углы измеряют длинной стороной компаса по линиям наложения  $ac$  и  $ab$ . Измерив в пределах горизонтальной плоскости  $nam$  углы  $\angle Cam = \beta$  и  $\angle Cap = \beta_1$ , определяем азимуты линий  $ab$  и  $ac$ .

Этих четырех углов  $\alpha$ ;  $\alpha_1$ ;  $\beta$ ;  $\beta_1$  — вполне достаточно, чтобы найти:  
 1) величину линейного угла  $y$ , служащего мерой наклона плоскости  $cab$  к горизонтальной плоскости  $nam$  (т. е. угла падения);  
 2) азимут линии падения  $ap$ , т. е.  $\angle Cao = x$ , и азимут простирания  $Car = 90^\circ + x$ .



Фиг. 152. Определение элементов залегания пласта в двух смежных стенках шурфа.



Фиг. 153. Треугольники построения с обозначением углов. Условный радиус, равный единице, отмечает в вертикальном сечении точки  $m'o'$ , где вертикальные отрезки равны между собой.

Прямая  $rs$  — линия простирания, проходящая через точку  $a$ . Проводим плоскость, перпендикулярную к  $ao$ , а следовательно, параллельную линии  $rs$ ; тогда треугольник  $oar$  будет представлять проекцию треугольника  $tab$ , а плоский угол между плоскостями этих треугольников  $\angle tao = x - \beta$ . Начертим отдельно эти треугольники и проведем в них тангенсы углов  $y$  и  $\alpha$  (фиг. 153). Линии  $om$  и  $bp$ , а также  $op$  и  $mb$  — взаимно параллельны, а поэтому  $op = mb$ . Из треугольника  $tab$  имеем  $mb = am \operatorname{tg} \alpha$ .

Из треугольника  $oar$  имеем  $or = ao \operatorname{tg} y$ . Следовательно,

$$am \operatorname{tg} \alpha = ao \operatorname{tg} y,$$

откуда

$$\operatorname{tg} y = \frac{am \operatorname{tg} \alpha}{ao}.$$

Но так как  $ao$  есть проекция  $am$ , то, следовательно,  $ao = am \cos(x - \beta)$  (см. фиг. 152), а поэтому

$$\operatorname{tg} y = \frac{am \operatorname{tg} \alpha}{am \cos(x - \beta)} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos(x - \beta)}.$$

Аналогично этому можно написать, что

$$\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos(\beta_1 - x)} \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos(x - \beta_1)}.$$

Соединяя два выражения для  $\operatorname{tg} y$  в одно, будем иметь

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos(x - \beta)} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos(x - \beta_1)}, \quad (1)$$

но левая часть этого равенства может быть записана как

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos(x - \beta)} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos[(x - \beta_1) + (\beta_1 - \beta)]}. \quad (2)$$

Написанное выше равенство (1) можно написать также в таком виде:

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\cos(x - \beta)}{\cos(x - \beta_1)}$$

или согласно равенству (2)

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\cos(x - \beta_1) \cos(\beta_1 - \beta) - \sin(x - \beta_1) \sin(\beta_1 - \beta)}{\cos(x - \beta_1)}.$$

Отсюда получим

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \cos(\beta_1 - \beta) - \operatorname{tg}(x - \beta_1) \sin(\beta_1 - \beta),$$

а разделяя обе части равенства на  $\sin(\beta_1 - \beta)$ , получим

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1 \sin(\beta_1 - \beta)} = \operatorname{ctg}(\beta_1 - \beta) - \operatorname{tg}(x - \beta_1).$$

Отсюда

$$\operatorname{tg}(x - \beta_1) = \operatorname{ctg}(\beta_1 - \beta) - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1 \sin(\beta_1 - \beta)}. \quad (3)$$

Беря уравнение  $\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos(x - \beta_1)}$  и подставляя в него вместо  $(x - \beta_1)$  его величину из уравнения (3), получим

$$\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[ \operatorname{ctg}(\beta_1 - \beta) - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1 \sin(\beta_1 - \beta)} \right]},$$

а подставляя вместо  $\operatorname{tg}(x - \beta_1)$  его выражение из уравнения (3), будем иметь

$$\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[ \operatorname{ctg}(\beta_1 - \beta) - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1 \sin(\beta_1 - \beta)} \right]}. \quad (4)$$

Углы  $\alpha$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta$ ,  $\beta_1$ , входящие в эту формулу, можно точно измерить посредством горного компаса. В этих формулах  $\beta_1$  надо брать большими углами, чтобы разность  $\beta_1 - \beta$  была меньше  $180^\circ$ , в противном случае надо к меньшему углу прибавить  $360^\circ$  и принять его за больший угол  $\beta_1$ . Стенки шурфа обыкновенно образуют прямой угол, а потому  $\beta_1 - \beta = 90^\circ$ . На основании этого в формулах (3) и (4) можно будет произвести значительное упрощение, а именно:

$$\operatorname{tg}(x - \beta_1) = - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1} \quad (5)$$

$$\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left( - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1} \right)}. \quad (6)$$

Эти формулы очень удобны для практического пользования, так как  $\operatorname{tg} \alpha$  и  $\operatorname{tg} \alpha_1$  можно определить, не измеряя компасом углов  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , а просто

измерить по отвесу длину линии  $mb$ , горизонтальную линию  $am$  (см. фиг. 153) и взять их отношение  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{mb}{am}$  и точно так же  $\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{nc}{an}$ . Разделив эти величины, получим  $\operatorname{tg} (x - \beta_1)$ ; по таблицам найдем угол  $x - \beta_1$ , а затем и истинный азимут  $x$  линии падения пласта.

Так как шурфы закладывают так, что длинная сторона их поперечного сечения направляется вдоль разведочной линии (т. е. по направлению линии падения), то угол  $\beta_1$  обыкновенно равен азимуту разведочной линии или очень близок от нее.

Для примера рассмотрим такую задачу. В шурфе измерены следующие углы: угол наклона одной из линий напластования  $\alpha = 15^\circ$ , азимут ее  $\beta = 30^\circ$ , угол наклона другой линии  $\alpha_1 = 60^\circ$ , ее азимут  $\beta_1 = 315^\circ$ , разность  $\beta_1 - \beta = 315 - 30 = 285^\circ$ , т. е. больше  $180^\circ$ , а поэтому прибавим  $360^\circ$  и будем иметь  $\beta_1 = 30^\circ + 360^\circ = 390^\circ$ .

$\beta = 315^\circ$ ,  $\beta_1 - \beta = 75^\circ$  и соответственно этому  $\alpha_1 = 15^\circ$  и  $\alpha = 60^\circ$ . Беря формулу

$$\operatorname{tg} (x - \beta_1) = \operatorname{ctg} (\beta_1 - \beta) - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1 \sin (\beta_1 - \beta)}$$

или

$$\operatorname{tg} (x - 390^\circ) = \operatorname{ctg} 75^\circ - \frac{\operatorname{tg} 60^\circ}{\operatorname{tg} 15^\circ \sin 75^\circ}.$$

Возьмем логарифм второго члена правой части равенства:

$$\operatorname{num} [\lg \operatorname{tg} 60^\circ - (\lg \operatorname{tg} 15^\circ + \lg \sin 75^\circ)] = 6,795,$$

поэтому

$$\operatorname{tg} (x - 390^\circ) = \operatorname{ctg} 15^\circ - 6,795 = -6,527.$$

Отсюда

$$x = 390^\circ - 81^\circ 15' = 308^\circ 45' \text{ СЗ.}$$

Величина угла падения получается из уравнения

$$\operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\cos \operatorname{arc} \operatorname{tg} (x - \beta_1)}.$$

Подставляя  $x - \beta_1 = 81^\circ 15'$  и логарифмируя, получим

$$\lg \operatorname{tg} y = \lg \operatorname{tg} 15^\circ - \lg \cos 81^\circ 15' = 0,24204,$$

а отсюда  $\operatorname{tg} y = 1,74$ . Следовательно,  $y = 60^\circ 10'$ . Пласт падает к западу под углом  $60^\circ 10'$  и азимут линии падения СЗ  $308^\circ 45'$ . Простираение СВ  $38^\circ 45'$ .

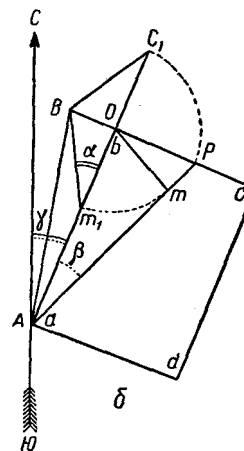
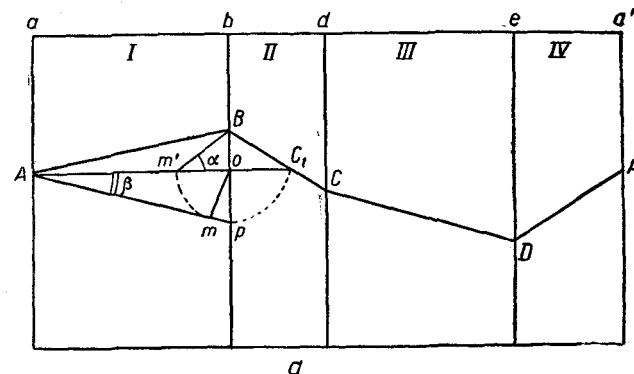
При применении этого способа к шурфам круглого сечения рекомендуется выбирать точки по двум направлениям, угол которых должен быть около  $90^\circ$ .

Элементы залегания пластов сравнительно легко определяют при помощи зарисовок и развертки стенок шурфов.

Для определения элементов залегания пласта по зарисовкам стенок ( $abde$ ) достаточно иметь зарисовку стенок шурфа и азимут какой-либо стенки. По двум сопряженным стенкам шурфа, в углу которых пласт занимает наиболее высокое положение (например, I и II, фиг. 154, а), проводим горизонтальную линию так, чтобы она пересекла оба следа пласта на этих стенках шурфа, например в точках А и  $C_1$ . Из точки О радиусом  $OC_1$  засекаем точку Р, находящуюся на продолжении линии ВО (след пересечения I и II стенок шурфа), и, соединив точку Р с точкой А прямой, получаем изображение простираения плоскости напластования. Азимут простира-

ния определяют путем прибавления величины угла  $PAO = \beta$  к значению азимута стенки шурфа, на зарисовке которой делается построение. Угол  $PAO = \beta$  в данном примере является измеренным и численно составляет  $28^\circ$ .

Приняв условно азимут стенки шурфа  $ab = 30^\circ$ , получим, что азимут простираения пласта СВ  $58^\circ$  (т. е.  $30 + 28^\circ$ ).



Фиг. 154. Определение элементов залегания пласта в шурфе.

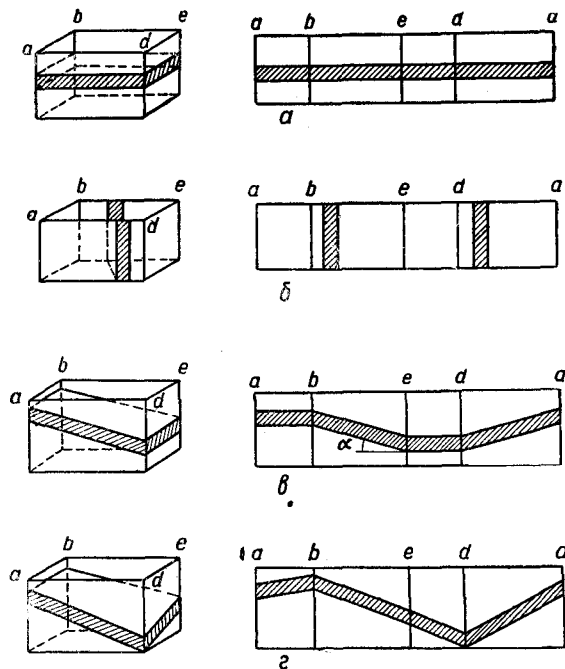
а — методом зарисовки и последующей развертки стенок его; б — методом графического определения по ориентированным стенкам шурфа;  $\gamma$  — угол между меридианом и стенкой шурфа  $ab$ .

Для определения направления падения пласта проводим из точки О перпендикуляр к линии простираения АР. Линия Om является проекцией линии падения. Истинный угол падения  $\alpha$  получается путем такого построения: радиусом Om засекаем на линии АО отрезок  $Om_1$ , соединяем его с вершиной угла В и получаем угол  $\alpha$ , в данном примере равный  $40^\circ$ .

Метод графического определения элементов залегания пласта в шурфе, изображенном на плане с правильной ориентировкой стенок, практически можно решить таким путем. На горизонтальной проекции сечения шурфа ( $abcd$ ) при угле О (в котором по зарисовкам

пласт занимает наиболее высокое положение) наносится проекция простирания пласта линией  $AP$  (фиг. 154, б).

Построение производят аналогичным способом. Азимут простирания определяется величиной угла между меридианом и линией  $AP$ , равной в данном случае СВ  $58^\circ$ : Азимут падения ЮЗ  $148^\circ$ , угол падения  $40^\circ$ .



Фиг. 155. Формы сопряжения пласта со стенками шурфа в перспективном (слева) и развернутом (справа) виде.

$a$  — пласт горизонтальный;  $b$  — пласт вертикальный;  $e$  — пласт наклонный, линия простирания совпадает с проекцией стенок;  $z$  — то же, но линия простирания не совпадает ни с одной из стенок шурфа.

При решении задачи определения элементов залегания пласта наблюдаемые формы сопряжения пласта со стенками шурфа (развертки их) весьма различны, но все они могут быть представлены в нескольких типичных примерах (фиг. 155).

Пласт залегает горизонтально (фиг. 155,  $a$ ). В развертке шурфа при зарисовке элементы пласта прослеживаются в виде двух параллельных линий, отвечающих подошве и кровле пласта.

Пласт залегает вертикально (фиг. 155,  $b$ ). Азимут простирания пласта определяется по азимуту стенки  $ab$  и углу между этой стенкой и линией простирания пласта.

Пласт располагается наклонно (фиг. 155,  $e$ ), причем линия простирания его совпадает с проекцией стенок шурфа ( $abcd$ ). Как видно

из этой схемы, азимут простирания пласта равен азимуту стенок  $ab$  и  $ed$ , а угол падения  $\alpha$  определяется по стенкам  $be$  и  $da$ .

Пласт залегает наклонно (фиг. 155,  $z$ ), причем линия простирания не совпадает ни с одной из стенок шурфа (т. е. проходит по какому-то косому направлению). Такие случаи наиболее часто распространены, и элементы залегания пласта определяются путем аналитических расчетов или графическими построениями.

#### Определение элементов залегания пласта при помощи картировочных скважин

При наличии значительного наносного покрова, пологом залегании пород, сильных притоков воды, осложняющих проходку и углубление канав и шурфов, применяют картировочные буровые скважины ручного или механического бурения.

По сравнению с шурфами такие скважины отличаются меньшей полнотой и детальностью фактических данных как в отношении характеристики состава пород, так и условий их залегания. В связи с этим приходится задавать значительно большее количество скважин, чем шурфов.

Для определения элементов залегания пласта в этих условиях требуется наличие трех скважин, расположенных по треугольнику.

Вскрыв в разрезах этих скважин какой-либо опорный пласт (горизонт), характерный своим литологическим составом, палеонтологическими формами и пр., определяют его пространственное положение.

Местонахождение скважин определяется геодезическими координатами на основе данных, взятых по трем точкам по осям:  $x$  — север-юг,  $y$  — восток-запад и  $z$  — высота над уровнем моря, причем положительными (для  $x$  и  $y$ ) являются направления на север и восток, а для  $z$  — выше уровня моря. Такой метод изображения точек, лежащих в пространстве, носит название проекции с числами и отметками. Он является исходным для определения местоположения точек замеров при изучении элементов залегания пласта. Например, точки  $A$ ,  $B$  и  $B$  (фиг. 156) устья буровых скважин характеризуются такими координатами: точка  $A$  по оси  $x + 42$ , по  $y + 30$ , по  $z + 20$ ; точка  $B$  по  $x + 20$ , по  $y - 60$ , по  $z + 30$ ; точка  $B$  по  $x - 30$ , по  $y + 50$ , по  $z + 10$ .

На план необходимо нанести с максимальной точностью (инструментально) устья скважин и определить их гипсометрическую высоту. Гипсометрическая высота точки, в данном случае устья скважины, называется альтитудой.

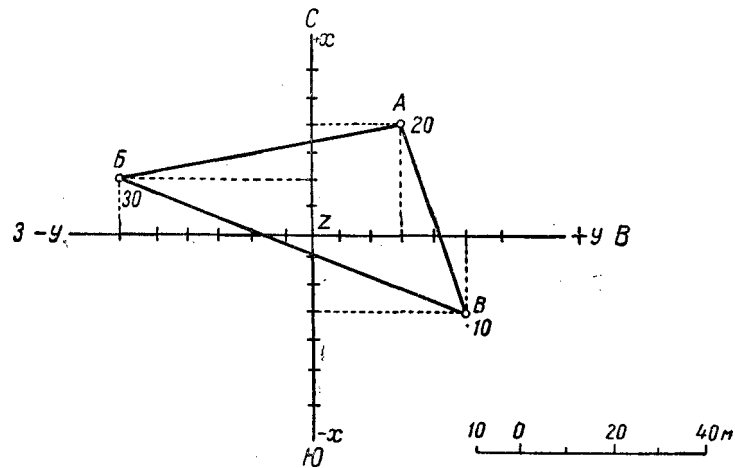
После того как определены отметки трех точек некоторого горизонта относительно нулевой горизонтальной плоскости, можно определить элементы залегания по одному из способов, приведенных ниже.

1-й способ — путем пропорционального деления — аналогичен тому, как это описывалось в главе IV (см. фиг. 54). Разница в том, что в первом примере высотные отметки пласта берут на его выходе на поверхность по топографической карте, а в слу-



чае скважин отметки пласта получаются путем расчета, исходя из альтитуды скважин и глубины залегания в них данного горизонта. Отметки трех точек пласта относительно выбранной нулевой плоскости, полученные в трех скважинах: 25 м (в скв. А), 20 м (в скв. В) и 10 м (в скв. С) (фиг. 157, а).

Соединим между собой А и С — точки с высшей и низшей отметками. На этой линии АС между точками А и С должна находиться точка с промежуточной отметкой третьей точки В (20 м). Через точку С (или А) проводим произвольную прямую CD и на этой прямой от точки С откладываем в произвольном масштабе (напри-



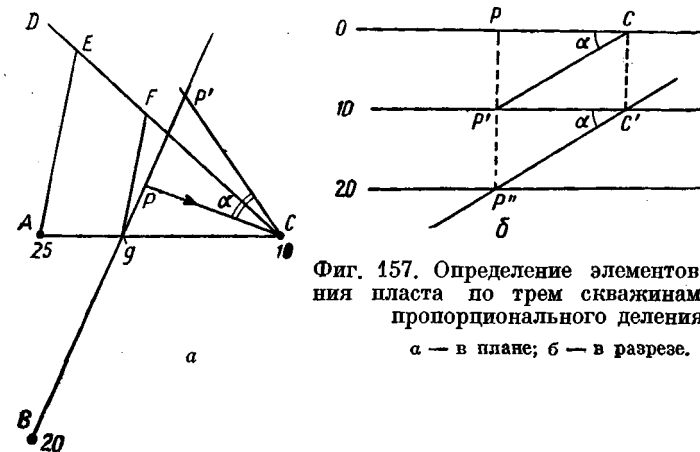
Фиг. 156. Нанесение скважин (или точек наблюдения) на план в системе прямоугольных координат.

мер, 2 м в 1 см) разность между высшей и низшей отметками точек А и С. Находим точку Е, в которой числовая отметка равна отметке точки А. Соединяем точки А и Е прямой. На линии CD находим точку F, числовое значение которой равно отметке точки В. Из точки F проводим линию Fg, параллельную линии AE; пересечение ее с линией АС дает на последней точку g с той же отметкой, что и точка В (в примере 20 м). Соединив точки с одинаковыми отметками В и К, получим линию простирания Bg, которая лежит в плоскости пласта и горизонтальной плоскости. Линия, перпендикулярная к линии простирания, лежащая в плоскости пласта, дает направление падения. Опустим такой перпендикуляр на линию простирания Bg из точки С — Cp.

Как видно из схемы, падение направлено от точки Р к точке С, так как отметка точки Р (+20 м) больше С (+10 м). Определение угла падения легко может быть сделано на фиг. 157, б. Для этого надо от точки Р отложить в масштабе карты на линии простирания (BP) разность между отметками линии простирания и точки С (20 — 10 = 10 м) и конец этого отрезка Р' соединить прямой

с точкой С. Тогда при точке С получим угол PCP', который является истинным углом падения.

2-й способ. Для сравнения с описанным приведем еще один способ определения элементов залегания пласта, причем по-



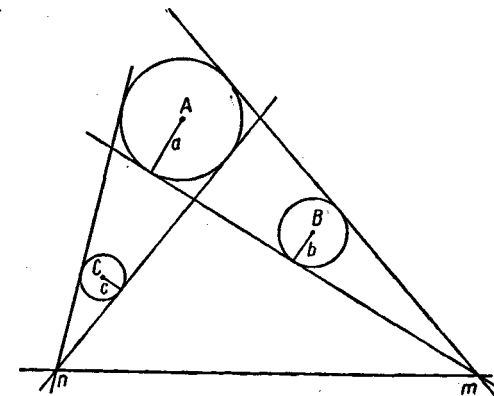
Фиг. 157. Определение элементов залегания пласта по трем скважинам путем пропорционального деления.  
а — в плане; б — в разрезе.

кажем только, как определяют простирание ибо, зная простирание, можно определить тем же путем направление и угол падения.

Даны три скважины А, В, С (фиг. 158) с отметками пласта а, б, с относительно выбранной нулевой плоскости. Вокруг каждой точки А, В и С проведем окружности радиусами, пропорциональными а, б и с.

Берем две окружности, которые наиболее значительно отличаются по своей величине, например с центрами в А и В, и проводим к ним две касательные до пересечения в точке m, потом делаем то же с другой парой окружностей с центрами в А и С и получаем точку n. Соединяя точки m и n, получаем линию простирания, так как точки m и n лежат в плоскости измеряемого горизонта и в одной горизонтальной плоскости.

Графически нетрудно убедиться и в том, что если бы мы провели две касательные к третьей паре окружностей В и С, то точки их пересечения оказались бы на той же линии простирания. Опре-



Фиг. 158. Определение элементов залегания пласта по трем скважинам методом окружностей.

деление направления и угла падения осуществляется аналогично тому, как указано в первом случае.

Применение того или иного способа определения элементов залегания пластов зависит от природных условий района, степени обнаженности и пространственного положения пластов (величины углов падения). Графические способы являются простыми и наиболее употребительными; точность их зависит от масштаба построения.

Аналитические способы целесообразно применять при очень пологих углах падения и необходимости получения более точных замеров (до минут и секунд).

#### § 4. Определение магнитного склонения и учет поправок при определении элементов залегания пластов

При нанесении измеренных элементов залегания на план надо учитывать, что стрелка компаса показывает не географический (истинный) меридиан, а магнитный, отличающийся от истинного на величину угла склонения. Последний представляет собой угол между географическим и магнитным меридианом. Этот угол склонения бывает довольно значительный. Так, например, на Кавказе, а также в районе Ростова, Харькова, Ленинграда восточное склонение  $5^\circ$ , в районе Москвы  $7^\circ$ , на Южном Урале  $10^\circ$ , на Северном Урале до  $20^\circ$ . Западное склонение в пределах СССР наблюдается только восточнее озера Байкал.

Для того чтобы правильно нанести на карту положение пластов в пространстве на основе измерений элементов залегания, надо учесть магнитное склонение и внести соответствующую поправку. Данные о магнитном склонении имеются в Большом советском атласе мира (т. I, листы № 192—193). Однако в полевых условиях надо уметь определять склонение самому. Стрелка компаса показывает направление магнитного меридиана. Значит, для определения склонения остается найти географический меридиан. Существуют три довольно распространенных способа его нахождения (фиг. 159) помимо специальных, рассматриваемых в курсах геодезии.

1-й способ. В открытой местности (пустыне, тундре, степи, на берегу моря) надо определить азимуты солнца в тот момент, когда на заходе верхний краешек его скрывается за горизонтом, и в тот момент, когда на восходе оно только что появляется. Это можно сделать при помощи компаса (фиг. 159, а). Предположим, что эти наблюдения выразились азимутами  $280^\circ$  и  $60^\circ$ . Сложив эти цифры и разделив пополам, получаем

$$\frac{280^\circ + 60^\circ}{2} = 170^\circ.$$

Если бы склонение было равно нулю, получили бы  $180^\circ$ . В данном случае склонение восточное, равное  $180 - 170 = 10^\circ$ . Если бы результат вычисления оказался больше  $180^\circ$ , то склонение западное.

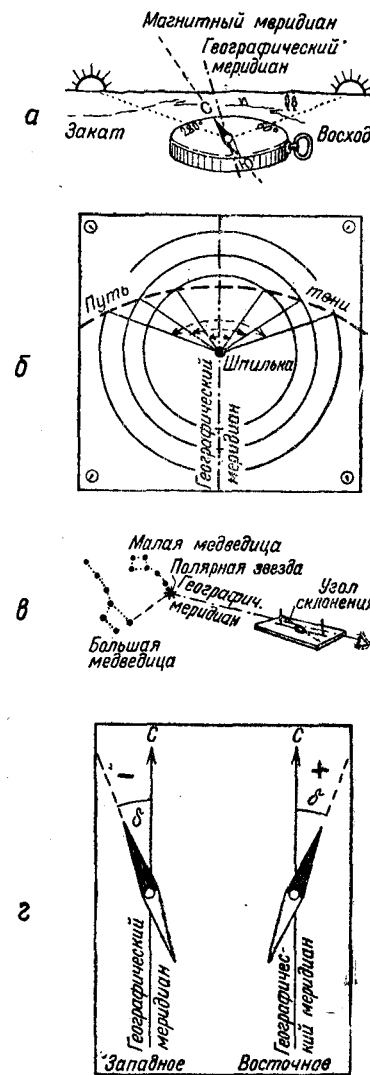
2-й способ. Если горизонт закрыт лесом или горами, можно воспользоваться тем временем дня, когда солнце находится в зените.

На листе бумаги циркулем вычерчивают ряд concentрических окружностей на расстоянии около 5 мм друг от друга. Бумагу прикладывают к столу (к ящику, доске, лежащей горизонтально и т. п.), а в центре окружностей устанавливают вертикально шпильку. Часа за три до полудня и часов до трех после полудня отмечают точки пересечения конца тени от палочки с окружностями (фиг. 159, б). На каждой окружности получают по две засечки. Соединив любую пару их с центром двумя радиусами и построив биссектрису образованного ими угла, получают направление географического меридиана. Компасом определяют угол между географическим меридианом и направлением стрелки — это величина угла магнитного склонения.

3-й способ, графический, изображенный на фиг. 159, в, заключается в том, что в доску вбиваются две длинные иглы или спицы, расположенные на прямой линии. Ночью, установив эту доску в горизонтальном положении, приблизив глаз к одной из спиц (игле), поворачивают доску до тех пор, пока прямая линия на доске не будет совпадать с направлением на Полярную звезду.

Линия на доске — это географический меридиан. Положив на доску компас, ориентированный по странам света, определяем склонение. Надо учесть, что Полярная звезда сама может отклоняться от линии севера на широте  $50^\circ$  до  $1^\circ 40''$ , на широте  $60^\circ$  до  $2^\circ 10''$ , но такая ошибка в большинстве случаев особого значения не имеет.

Приведенные способы определения магнитного склонения не являются универсальными и высокоточными, но, будучи неслож-



Фиг. 159. Определение магнитного склонения в полевой обстановке.

ными по осуществлению, практически могут быть использованы в любых условиях.

Учет поправок магнитного склонения при нанесении элементов залегания пластов на карту практически выражается в том, что величина восточного склонения прибавляется к азимуту падения или простирания, а при наличии западного склонения эта величина отнимается (фиг. 159, г).

### § 5. Определение мощности пласта при различных условиях рельефа и наклонном положении пласта

Измерение и подсчеты истинной мощности слоя или пласта в обнажении при первом ознакомлении с ними представляются весьма простой операцией.

Однако, когда приходится определять мощности пластов многокилометровых стратиграфических разрезов и производить эти измерения в произвольных направлениях, эта задача становится более сложной и нуждается в систематических серьезных пересчетах.

При изучении обнажения в полевых условиях внимание должно быть обращено на определение мощности каждого отдельного пласта или свиты. Часто приходится наблюдать только лишь видимую мощность вследствие того, что плоскость обнажения не перпендикулярна к плоскости падения пласта и находится в различном положении к простиранию его.

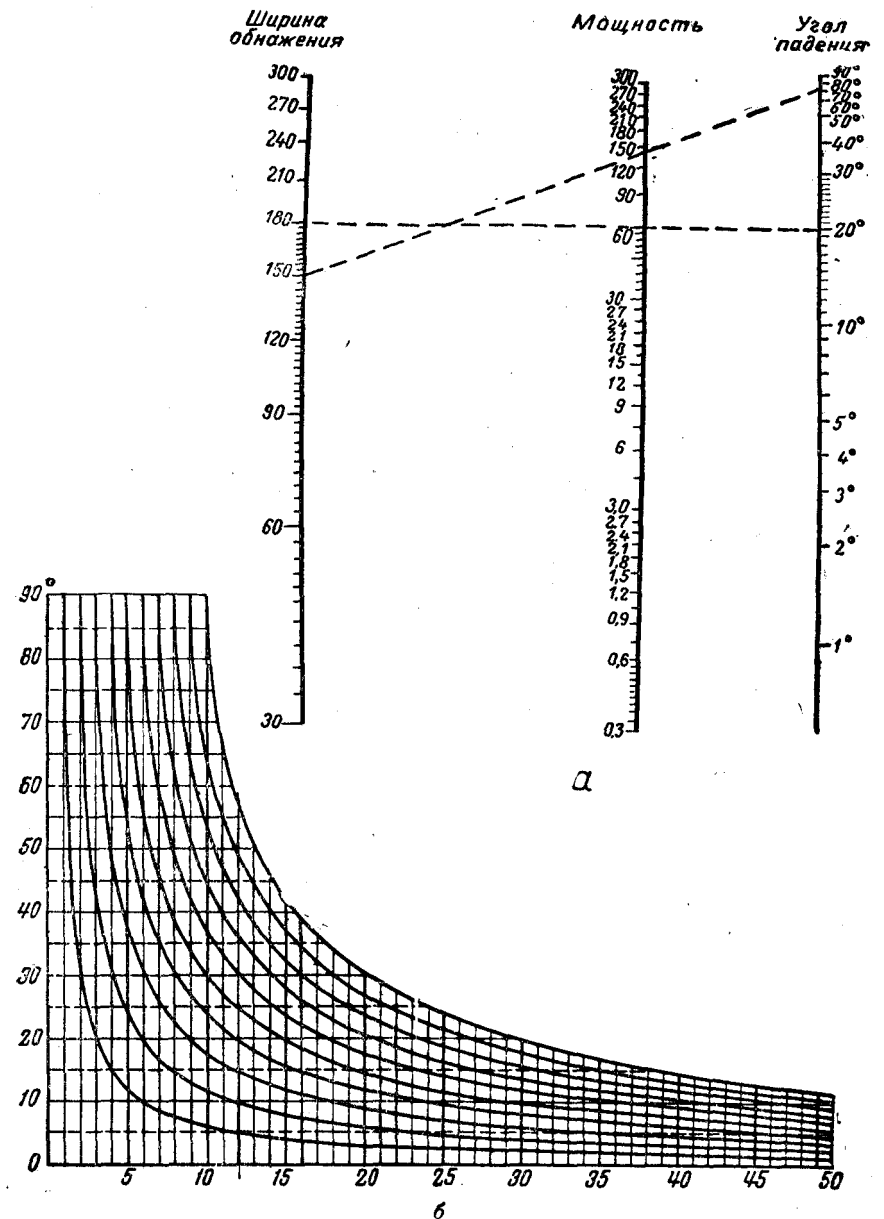
Мощность слоя или пласта в обнажении определяют путем непосредственного измерения его рулеткой или складным метром.

В полевых условиях в обнажении определение истинной мощности пласта возможно лишь тогда, когда поверхность обнажения перпендикулярна плоскости пласта.

Однако такие благоприятные условия крайне редки, и в подавляющем большинстве поверхность обнажения, будучи сложна по своей конфигурации, часто не перпендикулярна плоскости пласта, отсюда и мощность измерения в плоскости обнажения является видимой или измеренной, т. е. численно отличающейся от истинной.

Для определения истинной мощности, замеренной по направлению падения, необходимо произвести соответствующие пересчеты, приведенные в главе IV, § 2.

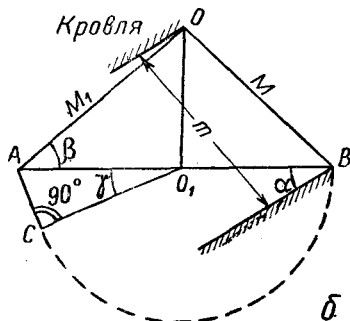
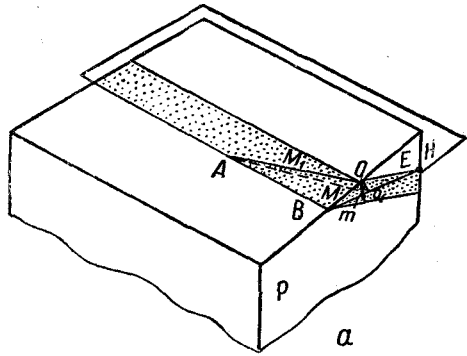
Для подсчета мощностей отдельных пластов и свит при условии слабо расчлененного рельефа или горизонтальной поверхности и определения измеренной мощности по линии, идущей вкост простирания пластов, можно пользоваться линейной номограммой (фиг. 160, а), точность которой достаточно велика. Номограммой пользуются следующим образом: на номограмме соединяют прямой линией точки, соответствующие замеренной ширине выхода пласта и его углу падения; в точке пересечения этой линией средней ординаты отсчитывают истинную мощность. Другой вид номограммы изображен на фиг. 160, б. Здесь по вертикальной оси указаны углы падения пластов, а по горизонтальной оси — измеренные мощ-



Фиг. 160. Диаграммы (номограммы) для подсчета истинной мощности по измеренной (видимой).

а — диаграмму применяют, когда видимая мощность измерена вкост простирания пластов; на диаграмме приведены два примера при горизонтальном рельефе: 1) ширина выхода пласта 150 м, угол падения 70°, истинная мощность 143 м, 2) ширина выхода пласта 180 м, угол падения 20°, истинная мощность 62 м; б — сбоку — углы падения; внизу — мощности в заданном масштабе.

ности в принятом масштабе. Пользоваться диаграммой следует так. Например, падение пластов определено в  $35^\circ$ , видимая мощность, измеренная в горизонтальной плоскости, равна 70 м. Для определения истинной мощности находим точку пересечения горизонтальной и вертикальной линий, проведенных из точек шкал, соответствующих данным углу падения и мощности. Из точки пере-



Фиг. 161. Определение истинной мощности по измеренной в косом направлении.

*a* — блок-диаграмма; *b* — профиль, построенный в плоскости измерения видимой мощности.

сечения  $\gamma$  надо знать истинный угол падения  $\alpha$  и направление падения, угол склона местности  $\beta$  по направлению замеренной мощности  $M_1$ .  $H$  — горизонтальная плоскость;  $P$  — вертикальная плоскость, проведенная в направлении падения. Линия  $AO$  — косое направление линии разреза, по которому определена измеренная мощность пласта  $M_1$  как проекция на горизонтальную плоскость  $H$ ; линия  $BO$  — направление линии разреза вкрест простирания пласта — соответствует  $m$  измеренной мощности пласта  $M$ . Точки  $A$  и  $B$  лежат на линии простирания пласта (в его подошве).

Для решения этой задачи возьмем отрезок  $M_1$  в условно взятом масштабе и отложим его под углом  $\beta$ , равным углу склона мест-

ности, взятому в направлении измерения мощности (фиг. 161, *б*). Из точки  $O$  опустим перпендикуляр на горизонтальную прямую  $AO_1$ . Полученный чертеж представляет профиль, построенный в плоскости измерения видимой мощности.

Отрезок  $AO_1$  есть проекция измеренной мощности  $M_1$  на горизонтальную мощность. Отрезок  $BO_1$  (фиг. 161, *a*) является проекцией  $OB$  (видимой мощности в направлении падения  $M$ ) на горизонтальную плоскость; одновременно он является проекцией отрезка  $AO_1$  на линию падения  $BE$  (фиг. 161, *a*). Для определения длины отрезка  $BO_1$  из точки  $O_1$  проведем линию под углом  $\gamma$  (линия падения) и спроектируем на эту линию точку  $A$ . Полученный отрезок  $O_1C$  является проекцией отрезка  $AO_1$  на линию падения и, следовательно, равен  $BO_1$ .

Решение этой задачи возможно также при помощи таблицы для определения мощности, предложенной В. А. Обручевым (приложение III).

Для определения величины  $M$  будем вращать отрезок  $O_1C$  вокруг оси  $OO_1$ . В вертикальной плоскости  $P$  этот отрезок придет в положение  $O_1B$ . Отрезок прямой  $OB$  будет равен величине видимой мощности пласта  $M$  в направлении падения пласта. При этом точка  $O$  находится в кровле пласта, а точка  $B$  в подошве.

Для построения разреза пласта надо в точке  $B$  отложить от горизонтальной линии  $O_1B$  величину истинного угла падения  $\alpha$  и провести подошву пласта, а затем из точки  $O$  параллельно подошве проведем проекцию кровли. Истинная мощность пласта  $m$  представляется как длина перпендикуляра между линиями подошвы и кровли пласта, измеренная в масштабе, принятом при построении. Определяя таким образом мощность пласта, необходимо учитывать направление склона местности по отношению к падению пласта, соответственно выполняя построение вправо и влево от точки  $B$  и  $O$ .

Определение мощности пластов по косому направлению в общем виде можно сделать по формуле Леонтовского

где  $m$  — истинная мощность;  
 $M$  — длина линии, измеренная в направлении  $AB$  по рельефу;  
 $\alpha$  — угол падения пласта (или пластов);  
 $\beta$  — угол наклона линии измерения;  
 $\gamma$  — разность между азимутом простирания и азимутом линии измерения.

Знак плюс или минус употребляют в зависимости от соотношения направлений наклонов плоскости обнажения и пласта; при наклоне в одну сторону будет знак минус, в разные стороны — плюс.

Пример. Допустим, что в пределах обнажения наблюдается выход на поверхность пласта (фиг. 162, *a*), линия простирания которого есть линия  $os$ ; при этом измерение мощности пласта было произведено по линии  $oa$ , длина которой определена величиной  $M$ .

Восстановив из точки  $a$  перпендикуляр до пересечения с горизонтальной плоскостью  $P$ , получаем точку  $b$  и соединяем ее прямой с точкой  $o$ . Полученный при этом угол  $boa$  — есть угол  $\beta$  наклона линии измерения.

П р и м е р. Допустим, что в пределах обнажения наблюдается выход на поверхность пласта (фиг. 162, *a*), линия простирания которого есть линия  $os$ ; при этом измерение мощности пласта было произведено по линии  $oa$ , длина которой определена величиной  $M$ .

Восстановив из точки  $a$  перпендикуляр до пересечения с горизонтальной плоскостью  $P$ , получаем точку  $b$  и соединяем ее прямой с точкой  $o$ . Полученный при этом угол  $boa$  — есть угол  $\beta$  наклона линии измерения.

П р и м е р. Допустим, что в пределах обнажения наблюдается выход на поверхность пласта (фиг. 162, *a*), линия простирания которого есть линия  $os$ ; при этом измерение мощности пласта было произведено по линии  $oa$ , длина которой определена величиной  $M$ .

Восстановив из точки  $a$  перпендикуляр до пересечения с горизонтальной плоскостью  $P$ , получаем точку  $b$  и соединяем ее прямой с точкой  $o$ . Полученный при этом угол  $boa$  — есть угол  $\beta$  наклона линии измерения.

Восстановив из точки  $a$  перпендикуляр до пересечения с горизонтальной плоскостью  $P$ , получаем точку  $b$  и соединяем ее прямой с точкой  $o$ . Полученный при этом угол  $boa$  — есть угол  $\beta$  наклона линии измерения.

Проведя из точки  $b$  перпендикуляр к линии простирания  $oc$ , получаем угол  $boc$  между линией простирания и направлением линии измерения ( $\gamma$ ). Линия  $ac$  есть измеренная ширина выхода пласта по рельефу местности (фиг. 162, б). Расматривая разрез по линии  $bc$ , имеем

$$m = m_1 + m_2; m_1 = bc \sin \alpha; m_2 = ab \cos \alpha.$$

По фиг. 162, а определяем, что  $bc = ab \sin \gamma = M \cos \beta \sin \gamma$ , но так как

$$ob = oa \cos \beta,$$

$$ab = oa \sin \beta = M \sin \beta,$$

то

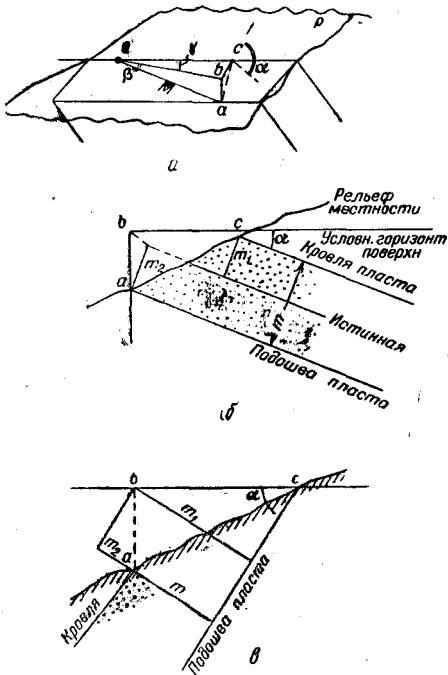
$$m = M (\sin \alpha \cos \beta \sin \gamma + \cos \alpha \sin \beta).$$

Если падение пласта и наклон рельефа местности обращены в одну и ту же сторону (фиг. 162, в), то формула подсчета мощности пласта выражается как

$$m = M (\sin \alpha \cos \beta \sin \gamma - \cos \alpha \sin \beta).$$

Для практических подсчетов можно рекомендовать таблицы приложений III и IV, где приведены основные величины, по которым определяют истинную мощность.

Определение истинной мощности пластов по искусственным обнажениям в полевых условиях практически возможно осуществить по каждому отдельному пласту или целой свите. Примером такого измерения мощности



Фиг. 162. Примеры определения истинной мощности.

свиты в разведочной канаве, расположенной на склоне, является фиг. 163.

По забойе канавы протягивают мерную ленту и на ней отмечают точками  $M_0, M_1, M_2, M_3$  и т. д. границы пластов при помощи опускаемых на них отвесов с ленты. Отвесом обычно является складной метр, по которому отсчитывают расстояние по вертикали от ленты до контакта ( $H_1, H_2, H_3, H_4$  и т. д.), который является, как видно из схемы, границей слоя. Производят подробную запись замеров в записной книжке и отмечают последовательность в залегании пластов от наиболее древних, расположенных внизу, до самых верхних (в данном случае  $a, б, в, г, д, е, ж, з, и$ ).

Одновременно замеряют:  $\alpha$  — угол истинного падения пластов;  $\beta_1$  — угол наклона линии измерения (т. е. угол наклона мерной ленты к горизонту), тогда  $\beta$  может быть  $\beta_1, \beta_2$  и т. д.;  $\gamma$  — азимут направления мерной ленты (практически выражающийся углом между направлением мерной ленты и падением пластов).

Отсюда границы пластов (в зависимости от того, где производились замеры) определяют так.

Точка начала измерений —  $M_0$ .

Подошва пласта  $б$  — расстояние по ленте  $M_0 - M_1$ , по вертикали  $H_1$ .

Подошва пласта  $в$  — расстояние по ленте  $M_0 - M_2$ , по вертикали  $H_2$  и т. д.

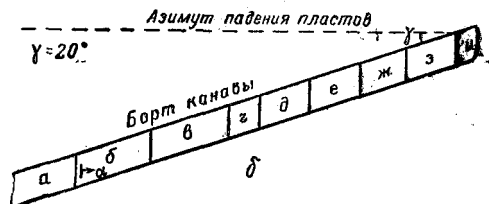
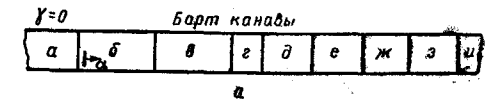
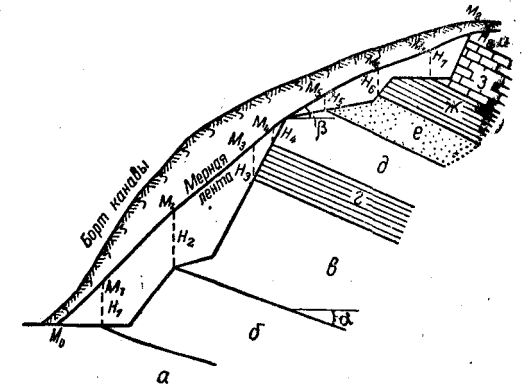
По такой полевой записи составляют уравнение, например, для пласта  $б$ :

$$m_б = (M_2 - M_1)(\sin \alpha \cos \beta \times \sin \gamma + \cos \alpha \sin \beta) - (H_1 \times \cos \alpha + H_2 \cos \alpha).$$

В данном примере для пластов от  $a$  до  $и$ , замеренных одной лентой (расположенной под углом  $\beta$ ), выражение в скобках будет неизменным и это значительно ускорит вычисление истинных мощностей пластов и свиты в целом.

При определении величины  $m$  для свит значительной мощности, а также контрольных суммарных промеров мощностей свит, промеров для расшифровки тектоники, увязки разрезов и пр. применяют инструментальные (теодолитные) замеры. Теодолит устанавливают где-либо по середине между границами измеряемой свиты (или комплекса свит) и ориентируют по магнитному меридиану.

Рейку устанавливают в кровле (а) и подошве (б) измеряемой свиты и теодолитом определяют координаты этих точек относительно точки стояния инструмента  $o$  (фиг. 164). Из пространственного треугольника  $oab$  определяем  $ab$ , т. е. линию измерения ( $M$  — в данном случае видимая мощность свиты,  $\beta$  — угол наклона линии измерения и  $\gamma$  — угол между линией измерения и направлением падения свиты). Зная элементы залегания свиты ( $\alpha$  — угол



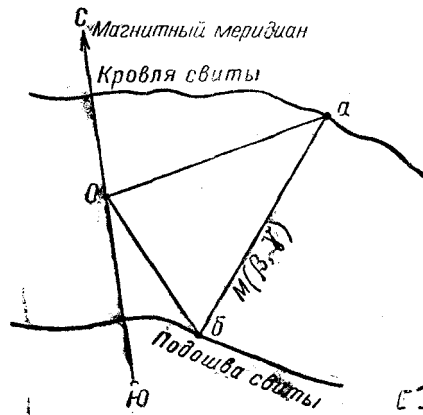
Фиг. 163. Измерение истинной мощности свиты в разведочной канаве — в разрезе и в плане.

$a$  — направление измерения по ленте совпадает с направлением падения;  $б$  — направление измерения по ленте не совпадает с падением пластов и составляет с ним угол  $\gamma$ .

падения), можно определить истинную мощность свиты при помощи приведенной выше формулы.

В практике полевых исследований и особенно при камеральной обработке геологических материалов часто приходится сталкиваться с необходимостью определения истинной мощности на плане.

Если границы пласта или измеряемой свиты обозначены на топографической основе с рельефом, выраженным в горизонталях, при этом элементы залегания свиты (или пласта) известны (или определены на плане), то истинная мощность  $m$  может быть подсчитана по любым двум наблюдаемым точкам



Фиг. 164. Определение истинной мощности пласта инструментальным способом (при помощи теодолита).

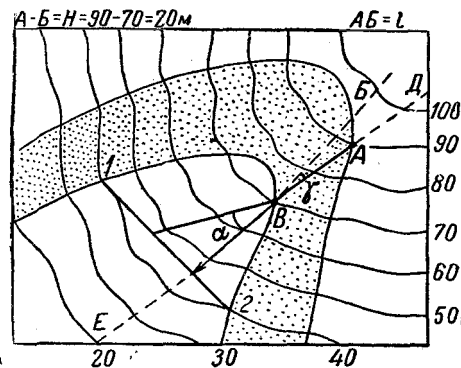
выхода подошвы и кровли, расположенным по любому косому направлению (фиг. 165).

Для этого выбранные точки соединяют прямой линией, определяют их отметки и стрелкой указывают их падение. Транспортиром определяют азимут линий измеряемой мощности  $AB$  по отношению к азимуту падения свиты (пласта) и, учитывая угол  $\gamma$ , измеряют линию  $VB = l$ , т. е. расстояние между границами пласта вкrest простирания. Эта длина  $l$  и разность отметок точек  $V$  и  $B$ , обозначенная  $H$ , образуют катеты вертикального треугольника, из которого

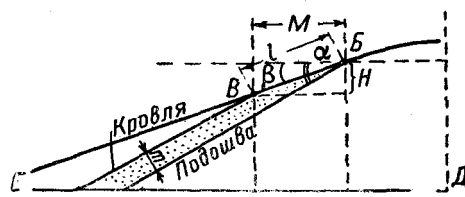
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{H}{l}.$$

Отсюда видимая мощность, измеренная в горизонтальной плоскости:

$$M = \frac{H}{\sin \beta}.$$



Фиг. 165. Определение истинной мощности пласта по топографической основе (на плане в разрезе).



Истинная мощность пласта  $m$  выражается, как это указано на разрезе:

$$m = M \sin (\alpha - \beta).$$

При падении пласта и склона рельефа в разные стороны берут  $\sin (\alpha + \beta)$ .

Если линия  $AB$  не совпадает с азимут падения, необходимо учитывать значение величины  $\gamma$  и вводить соответствующую поправку, как это было указано выше.

Истинную мощность пласта можно определять при помощи диаграммы для подсчета мощности (фиг. 166).

Практическое пользование диаграммой заключается в том, что на диаграмме мощности сначала определяют местонахождение точки, которую условно назовем  $a$ . В этой точке определяют величину угла между линией простирания пласта и линией, вдоль которой замерена ширина обнажения.

Необходимо учитывать, что если измеренная мощность пласта была определена по линии, идущей вкrest простирания пласта, то величина этого угла равна  $90^\circ$ .

Верхнюю половину шкалы диаграммы применяют в том случае, когда пласт и рельеф местности падают в противоположных направлениях; нижнюю же половину для случая, когда пласт и рельеф поверхности падают в одном направлении.

Вторая точка, которую назовем точкой  $b$ , расположена на треугольнике вблизи центра диаграммы. Местонахождение этой точки определяется путем пересечения линий, соответствующих углу падения на горизонтальной шкале и углу наклона местности на вертикальной шкале.

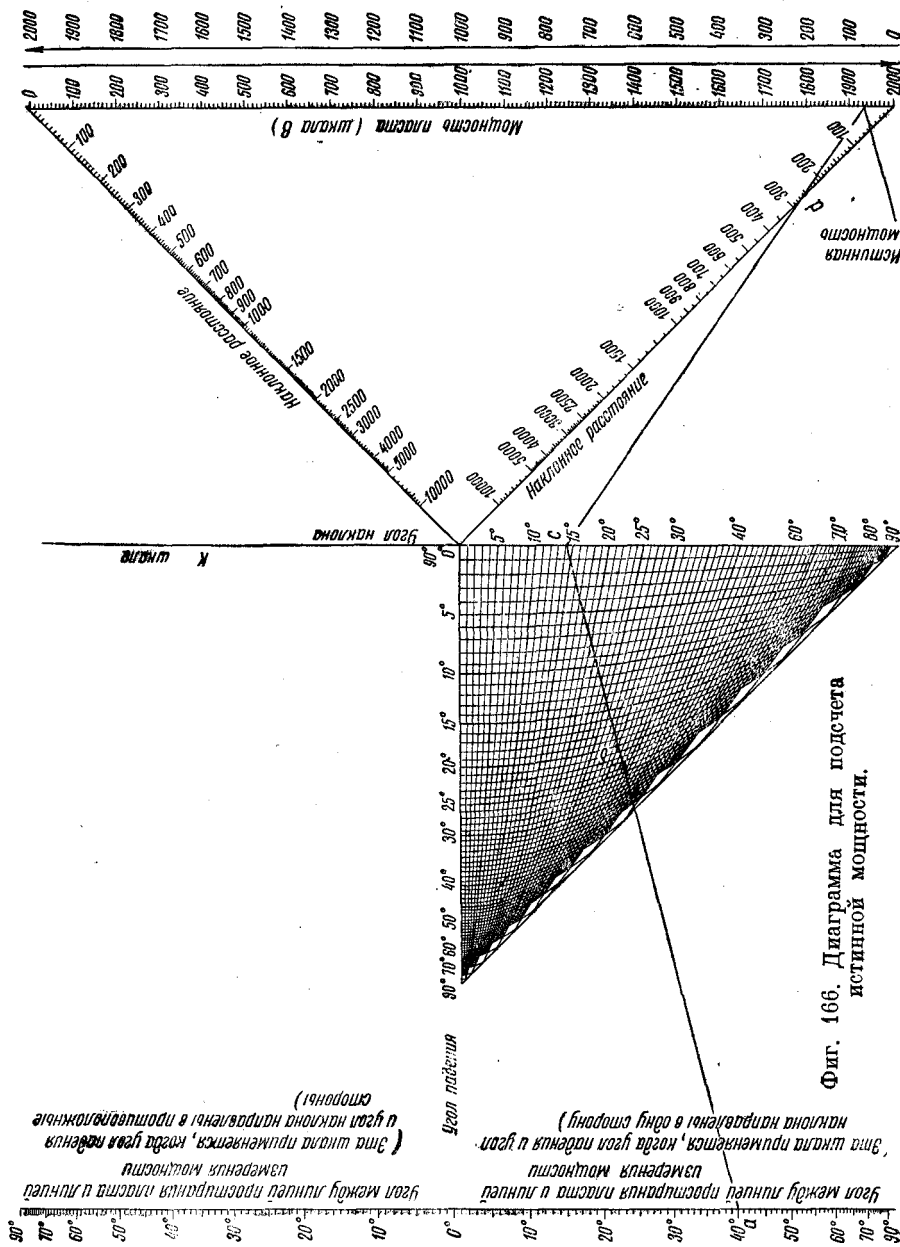
Линию, проведенную от  $a$  к  $b$ , продолжают до ее пересечения со шкалой, обозначенной  $k$ . Точку пересечения назовем  $c$ .

Точка  $d$ , расположенная на шкале — расстояние по склону (наклонное расстояние), определяет измеренную мощность пласта по склону местности или ширину выхода пласта. При этом, если точка  $c$  находится на верхней половине диаграммы, точка  $d$  тоже будет на верхней; если  $c$  находится на нижней, то и  $d$  будет на нижней половине.

Линию, соединяющую  $c$  и  $d$ , продолжают до пересечения с правой вертикальной шкалой  $b$  и этим определяют истинную мощность пласта.

Для пояснения практического использования данной диаграммы обратимся к примеру. Допустим, что в обнажении измерена видимая мощность свиты, причем между линией простирания свиты и линией, вдоль которой замерена эта мощность (равная 250 м), отмечен угол ( $a$ ), равный  $40^\circ$ .

На вертикальной шкале (слева на диаграмме) находим точку  $a$  с отметкой  $40^\circ$ . По данным полевых наблюдений отмечаем, что угол падения пластов свиты  $20^\circ$ , наклон рельефа  $30^\circ$ , причем они обращены в одну и ту же сторону. Находим вторую точку ( $b$ ). Через эти две точки проводим прямую, которая своим вторым кон-



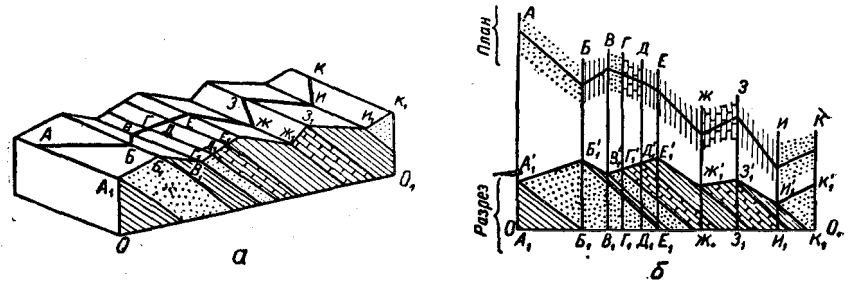
Фиг. 166. Диаграмма для подсчета истинной мощности.

цом отмечает точку *с* на шкале *k*. Из этой точки проводим вторую прямую через отметку 250 шкалы — наклонное расстояние *d* — и продолжаем эту линию до шкалы *b*, на которой и определяем истинную мощность.

При составлении геологических разрезов на склонах холмов, вдоль русел рек и оврагов, которые могли изгибаться как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости и характеризуются сложным рельефом, геологу приходится вести наблюдения по ломаному направлению, резко изменяющему свое азимутальное положение.

Например, на местности пройден ломаный маршрутный ход *A—B—B—Г—Д—E—Ж—З—И—K*, вдоль которого измерены мощности каждого слоя (фиг. 167, *a*).

Проведем через каждую точку выхода пластов по данному маршруту и через все точки перелома рельефа линии простираения до их



Фиг. 167. Определение истинной мощности свиты слоев по ломаной линии.

*a* — блок-диаграмма; *б* — план и разрез.

встречи с вертикальной плоскостью, проходящей через линию падения  $OO_1$ , проведенной в непосредственной близости от маршрутного хода.

Таким образом получим геологический профиль, в котором мощности пластов будут истинными.

Для решения этой задачи надо иметь данные угломерной съемки маршрутного хода и результаты нивелировки с отметками точек выхода кровли и подошвы каждого пласта. Ломаная линия *АВВГДЕЖЗИК* по результатам буссольной съемки в плане изображена на фиг. 167, *б*.

Для построения геологического профиля, идущего по линии вкрест простираения пластов, требуется продолжить линии простираения кровли и подошвы каждого пласта до пересечения с линией  $OO_1$ , проведенной вкрест простираения свиты. На линии  $OO_1$  получаем ряд точек  $A_1B_1B'_1Г_1Д_1E_1Ж_1З_1И_1K_1$ , которые представляют горизонтальные проекции точек геологического разреза. Чтобы построить топографический профиль, достаточно отложить в масштабе плана высоты точек перелома рельефа на линиях, перпендикулярных к направлению разреза, и соединить эти точки ломаной линией  $A'B'_1B_1Г'_1Г_1Д'_1Д_1E'_1E_1Ж'_1Ж_1З'_1З_1И'_1И_1K'_1K_1$ .

На этом профиле проводим следы плоскостей напластования под истинным углом падения и затем путем измерения с учетом масштаба простираения определяем истинные мощности пластов.



## § 6. Составление сводного разреза

Изучение геологического строения района основано, как это было отмечено выше, на нахождении и осмотре обнажений или выходов горных пород в тех пунктах, где отсутствует растительный покров или современные отложения (наносы).

Для полного изучения геологического строения и для составления геологической карты исследуемого участка, кроме подробной документации обнажений, необходимо собрать материал, характеризующий промежуточные пространства, чтобы можно было с достаточной полнотой нанести на карту границы свит, тела магматических пород, вытянуть (проследить) отдельные пласты и дать полное изображение тектонических структур. Эти исследования называются *наблюдениями между обнажениями*.

В безлесных, хорошо обнаженных районах иногда можно проследить все нужные границы и свиты почти без перерывов. Но в большинстве случаев приходится прибегать к интерполяции (увязке обнажений между собой) по косвенным признакам.

Продукты выветривания и почвенного покрова тесно связаны с коренными породами и, изучив их, можно по их распределению судить с достаточной степенью вероятности о характере подстилающих горных пород и площади их распространения.

Овраги, рытвины, выбросы из нор, искори (корни поваленных деревьев) позволяют установить состав элювия и делювия.

В значительной степени здесь оказывает помощь рельеф местности, который тесно связан с составом горных пород. Интрузивные тела магматических пород, более крепкие пласты осадочных свит, выделяются большей частью в виде положительных форм, другие комплексы — мягкие или растворимые водой породы (в сводах антиклиналей, купольных структур) — характеризуются как отрицательные формы рельефа.

Водоносность пород также может служить признаком для определения геологических границ и увязки обнажений между собой; обилие источников, карстовые явления, наличие более богатой или водолюбивой растительности (по сравнению с окружающей местностью) — все это облегчает работу геолога при нанесении на карту геологических или литологических границ.

Слабые выходы подземных вод, не имеющие стока и вызывающие лишь заболоченность, называемые *можежами* и *ами*, также указывают на наличие геологических границ.

Влажность породы, являющаяся результатом выхода подземных вод из породы в весьма незначительных количествах (выпоты), особенно рельефно наблюдаемая в круто залегающих пластах горных пород, служит достаточно надежным фактором для увязки обнажений. При испарении подземных вод в обнажении вместо выпота наблюдаются выцветы солей, т. е. образование порошкообразного налета различного цвета (чаще всего белого).

Необходимо обращать внимание на речные наносы (аллювий) и особенно галечники. Изучая распределение их и окатанность пере-

несенного материала, можно установить источники сноса и площади развития горных пород.

Все перечисленные, а вместе с ними и ряд других полевых наблюдений позволят произвести увязку фактических материалов, собранных при изучении обнажений, число которых иногда бывает весьма ограничено.

В таких случаях, когда на площади съемки отмечается наличие плаща современных отложений, часто приходится обращаться к искусственным обнажениям, которые иногда представляют даже больший интерес для геолога, чем естественные. Это объясняется тем, что горные породы в них прослеживаются более свежими благодаря сравнительно недавнему времени вскрытия. В итоге изучения каждого такого искусственного или естественного обнажения, подробно описывают все наблюдаемые породы, производят зарисовки и, наконец, составляют колонку отложений по отдельным обнажениям или горным выработкам.

Этот первичный фактический материал служит основой для составления сводных разрезов по району в целом. Такой разрез должен дать полное и детальное представление о возрасте и литологии всех наблюдаемых отложений, их мощностях, о характере фациальных изменений пластов и свит, об особенностях контактов и стратиграфических взаимосвязей всех комплексов пород. Для получения такого послонного разреза в самом начале работ производят наблюдения по нескольким профильным сечениям, заданным вкрест простиранья пород, и по ним составляют нормальные геологические разрезы.

Изучение и детализация нормального разреза практически продолжаются в течение всего периода полевых исследований, причем вначале по естественным обнажениям, а затем дополняются и уточняются горно-разведочными выработками (канавами, шурфами, буровыми скважинами и др.).

При сопоставлении разрезов по обнажениям и выработкам при их обобщении необходимо особое внимание обращать не только на цвет и литологический состав, но и на другие характерные признаки, как руководящие палеонтологические формы, включения, конкреции и другие факторы, которые могли бы служить достаточно надежным критерием для выделения в поле опорных или руководящих пластов и свит.

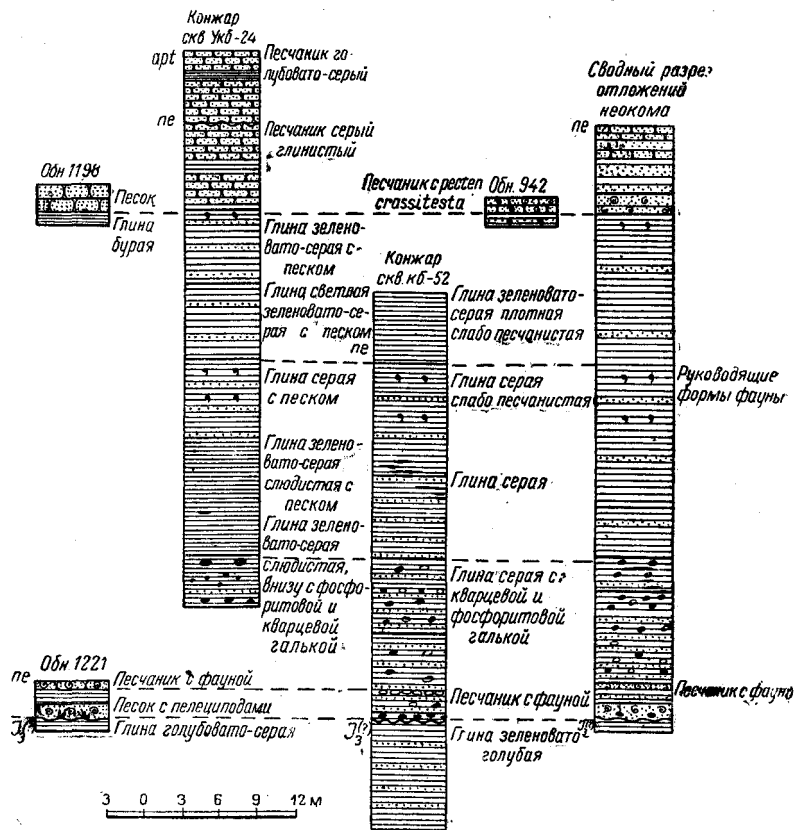
Примерами таких сопоставлений литологических разрезов по обнажениям в пределах отдельных стратиграфических свит служат разрезы, изображенные на фиг. 168.

Самой сложной задачей такого сопоставления является увязка отдельных обнажений между собой (фиг. 168, а). Как видно из частного сопоставления разрезов отложений неокома (нижний мел), здесь прослеживаются несколько характерных комплексов пород; из них такие обнажения, как № 1198, 942 — приурочены к верхней части свиты, а другие, например, обнажение № 1221 — к низам ее.

Такое сопоставление практически заключается в том, что со-

ставленные колонки отложений по обнажениям при обработке их располагаются на столе параллельно друг другу так, чтобы их более молодые слои находились сверху.

Выбирая наиболее характерные слои, прослеживаемые по нескольким обнажениям (приведены в колонкx) и выделяющиеся



а

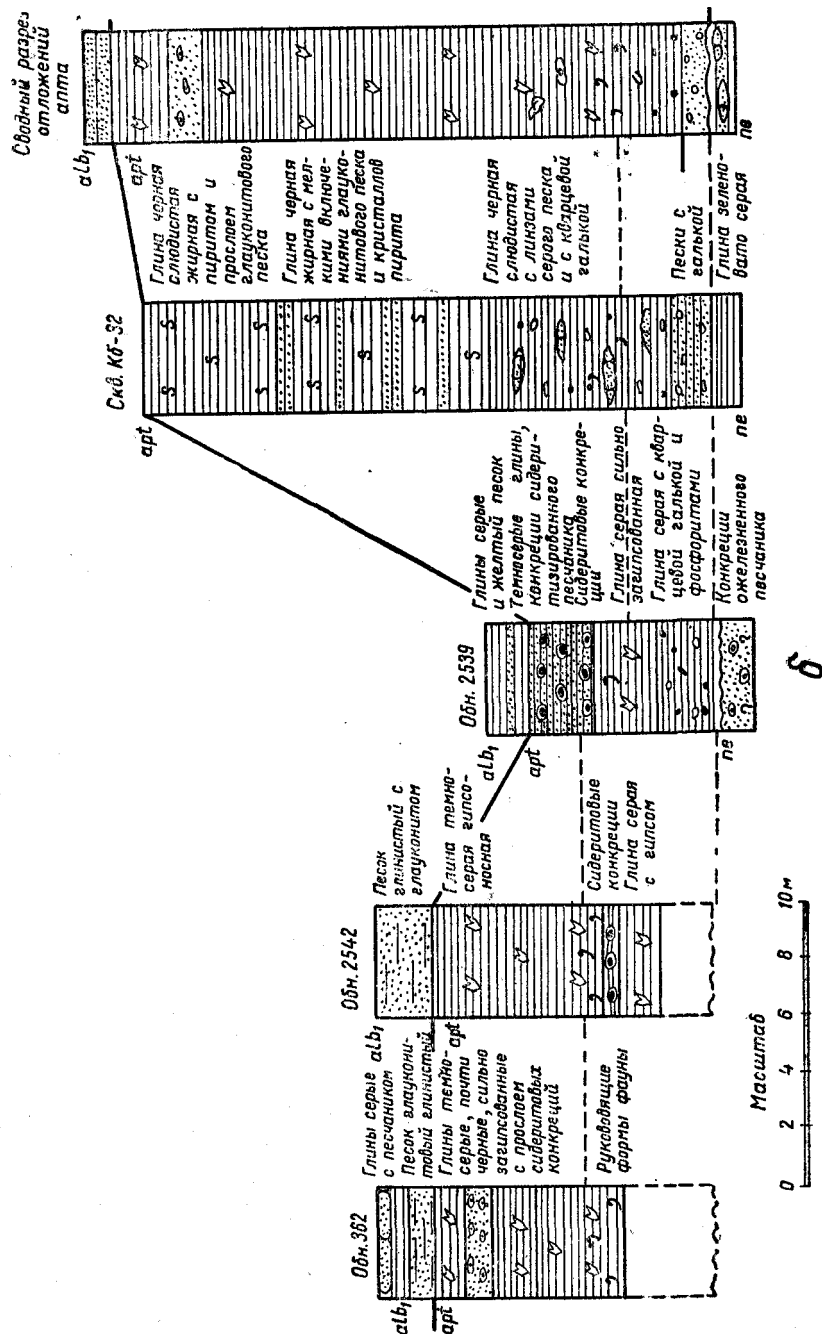
Фиг. 168. Составление колонки отложений на основе литологического изучения пород.

а — составление колонки пород неокома по разрезам обнажений и скважин; б — то же для аптского яруса; в — то же для верхней части аптского яруса.

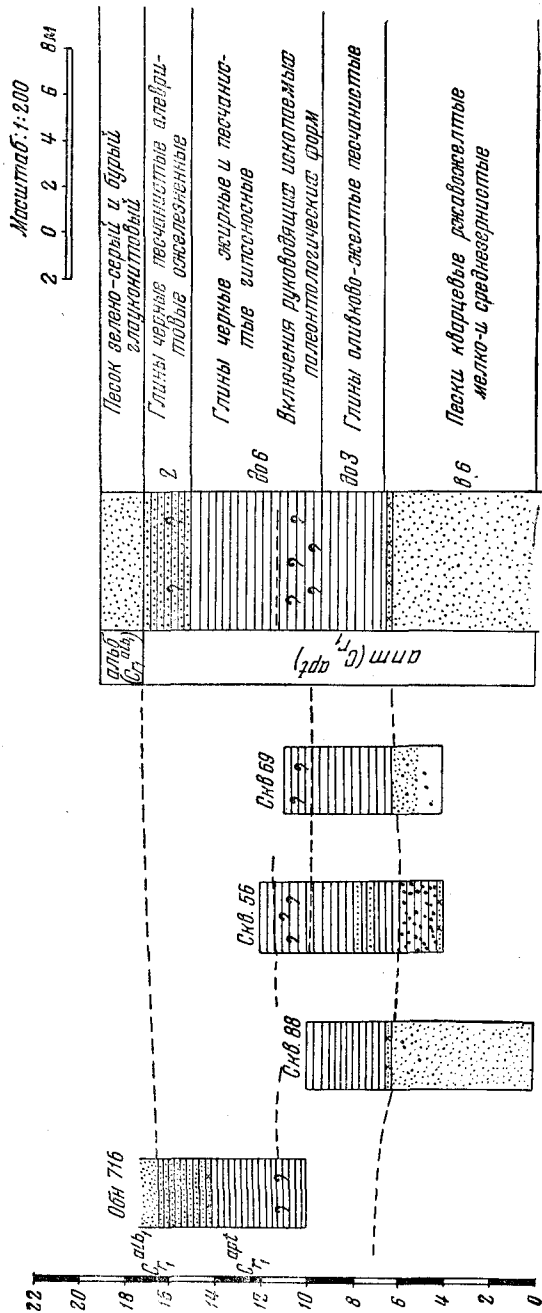
своим литологическим составом, цветом, характерной фауной или другим каким-либо признаком, по ним увязывают все эти колонки между собой.

В итоге обобщения и увязки разрезов между собой справа на чертеже показана составленная сводная колонка отложений пород неокома. Последние залегают несогласно на отложениях юры и перекрываются сверху несогласно толщиной апта.

300



б



Фиг. 168<sup>а</sup>

Другой пример, изображенный на фиг. 168, б, показывает последовательность составления сводной колонки отложений апта на основе геологического изучения разрезов обнажений и скважин в исследуемом районе. Принцип сопоставления колонок отложений в данном примере аналогичен рассмотренному выше, но при этом надо учитывать, что литологические разрезы по скважинам менее полнотенны, чем по обнажениям, канавам и шурфам, вследствие неполноты извлечения керна при бурении скважин. Так, анализируя приведенную схему сопоставления, отмечаем, что по обнажению № 2539 наблюдается весьма резкое сокращение мощности всей толщи. Это обнажение, рассматриваемое самостоятельно, будет дезориентировать наблюдателя при определении пространственного положения стратиграфических границ в полевой обстановке, и он может принять этот разрез за основной, типовой для данного района.

Однако, изучив обстоятельно литологический состав всех пород по другим пунктам наблюдений, а также палеонтологические

формы, характеризующие эту толщу пород и другие факторы, геолог получает дополнительные данные, которые уточняют не только границы свит, но и истинную мощность отложений как среднюю, наиболее постоянную величину для района.

Особое внимание геолога должно быть направлено на такие обнажения, где наблюдаются изменения мощности свит, так как это может быть обусловлено тектоникой (диапиризм, разрывные нарушения и пр.).

Надо помнить, что степень детальности и наибольшее приближение к действительности при составлении колонки зависят от качественной характеристики изучения обнажений, горных выработок, а также от числа наблюдений и полноты вскрываемого разреза.

Если в пределах площади исследований развиты наносы, то геологическая съемка производится при помощи бурения картировочных скважин, причем глубины их будут зависеть от мощности наносов и углов падения коренных отложений.

На фиг. 168, в приведен пример составления сводной колонки верхней части отложений апта, представленных глинистыми породами и подстилаемых внизу свитой песчаных пород.

Из изложенного очевидно, что составлению колонки отложений, слагающих исследуемый район, должно предшествовать детальное изучение всех прослеживаемых пород при геологической съемке.

Таким образом, перед геологом стоит ответственная задача, связанная с накоплением фактических данных не только по увязке (т. е. сопоставлению) разреза отложений, но и расчленению его на отдельные горизонты, свиты, ярусы, отделы и системы.

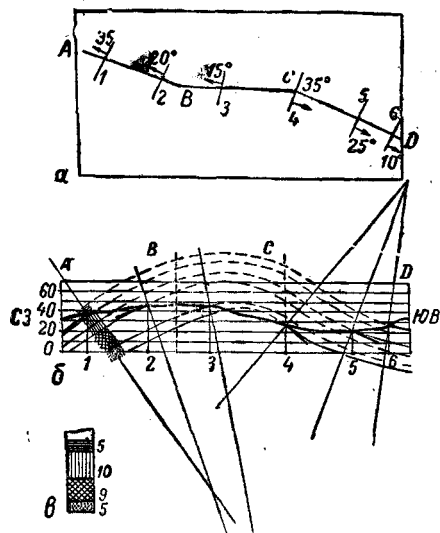
Такое расчленение представляет основу геологического картирования, и без него немыслима никакая геологическая съемка.

Составление сводного нормального разреза связано со значительным объемом графических работ и расчетов. Техника составления такого разреза практически заключается в следующем: по изученным обнажениям, отмеченным на топографической карте (фиг. 169, а), составляется наблюденный профиль, причем желательно, чтобы сечение профиля проходило вкrest простирания слоев (на приведенном примере эта линия имеет изломанное положение, определяемое почти вкrest простирания и обозначена *ABCD*).

Для этого вначале производят построение топографического профиля с учетом точек перегиба рельефа и высотных отметок их по горизонталям. Такое построение производится без искажения масштабов, т. е. вертикальный и горизонтальный масштабы должны быть одинаковыми. На нулевую линию топографического профиля или условно выбранную горизонтальную линию профильного разреза *AD* переносятся границы слоев и свит путем последовательного переноса их с полевой геологической карты. В итоге на линии *AB* нанесены все точки, соответствующие слоям или свитам, непосред-

ственно наблюдаемым по линии данного профиля или находящиеся вблизи него.

Проектируем точки пластов на линию, образующую рельеф поверхности, и затем проводим из точек геологических границ на профиле плоскости слоев по углам падения, замеренным в обнажениях (или горно-разведочных выработках), с учетом их азимутов падения (фиг. 169, б).



Фиг. 169. Последовательность составления нормального разреза колонки отложений.

а — топографическая карта с нанесенными обнажениями и элементами залегания слоев; б — топографический, наблюдаемый и построенный геологический профильный разрез; в — нормальный литологический разрез отложений.

линивания или, наоборот, увеличению мощностей тех или иных свит.

При геологическом картировании в областях с преимущественно горизонтальным или пологим залеганием горных пород, характерным для платформенных условий, где тектонические структуры имеют углы падения, редко превышающие 2—3°, составление геологических разрезов значительно отличается от составления разрезов по складчатым областям.

Геологическое картирование в этих условиях начинают с маршрутов по основным речным долинам, наиболее глубоко расчленяющим местность. Составленный в этих участках нормальный геологический разрез (колонку) прослеживают затем путем маршрутов, заданных по простиранию выделенных маркирующих горизонтов или слоев пластов.

В условиях горизонтального залегания пород конфигурация выходов маркирующих слоев, прослеживаемых на местности, будет

Пользуясь методами построения геологических разрезов (изложенных в гл. IV и V), в итоге получаем построенный геологический профильный разрез, на котором прослеживается не только последовательность отложений, но и структурные складчатые формы. На основе такого разреза и данных геологической карты составляют литологический нормальный разрез (фиг. 169, в), с указанием на нем истинных мощностей отложений и последовательности залегания слоев.

Таких колонок в зависимости от структурных форм и размеров площади исследований может быть несколько; они могут отличаться по фациальным условиям накопления отложений, по уменьшению мощностей за счет вы-

приблизительно совпадать с горизонталями рельефа или ориентироваться параллельно им.

Определение высотных отметок того или иного маркирующего слоя (или горизонта) приобретает большое значение при прослеживании его выходов на местности. Отметки маркирующих слоев при крупномасштабных съемках определяют инструментально (путем нивелирования), а при мелкомасштабных съемках — при помощи anerоида.

В случае горизонтального залегания пород истинная и вертикальная мощности пластов совпадают. Поэтому, определив разность отметок подошвы и кровли пласта, получаем его истинную мощность. Это значительно упрощает составление литологических колонок обнажений, увязку их между собой и составление сводного нормального геологического разреза для всего картируемого района.

В условиях очень пологого залегания пород правильное определение элементов залегания представляет значительные трудности. При углах падения пород, не превышающих 2°, правильный замер элементов залегания горным компасом невозможен. Поэтому приходится отказываться от непосредственного замера элементов залегания пород в обнажениях и определять их косвенными способами — при помощи графических построений на геологической карте или по трем обнажениям (точкам), не лежащим на одной прямой.

Величину доступного для изучения нормального геологического разреза определяют глубиной эрозионного расчленения местности. Обычно она сравнительно невелика, и для расширения разреза вниз приходится прибегать к бурению картировочных и структурных скважин.

После обработки и увязки таких колонок между собой и установления определенной последовательности отдельных литологических разностей пород выделяют стратиграфические комплексы, т. е. составляют нормальный стратиграфический разрез или стратиграфическую колонку.

Стратиграфическая колонка (фиг. 170) включает в себя геологический возраст пород, начиная от группы самого крупного подразделения отложений до минимального — горизонта и пласта включительно; затем по горизонтали направо последовательно указывают литологическую колонку пород, истинную мощность (определенную графически по разрезу или подсчитанную математически с карты); описание пород с обозначением основных доминирующих признаков в них (наличие включений и др.) и палеонтологических макро- и микроформы, выделяя при этом в первую очередь руководящие формы окаменелостей.

Помимо этого желателен выделять в колонке справа характерные признаки нефтегазоносности и водоносности, имеющие практическое значение при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений.

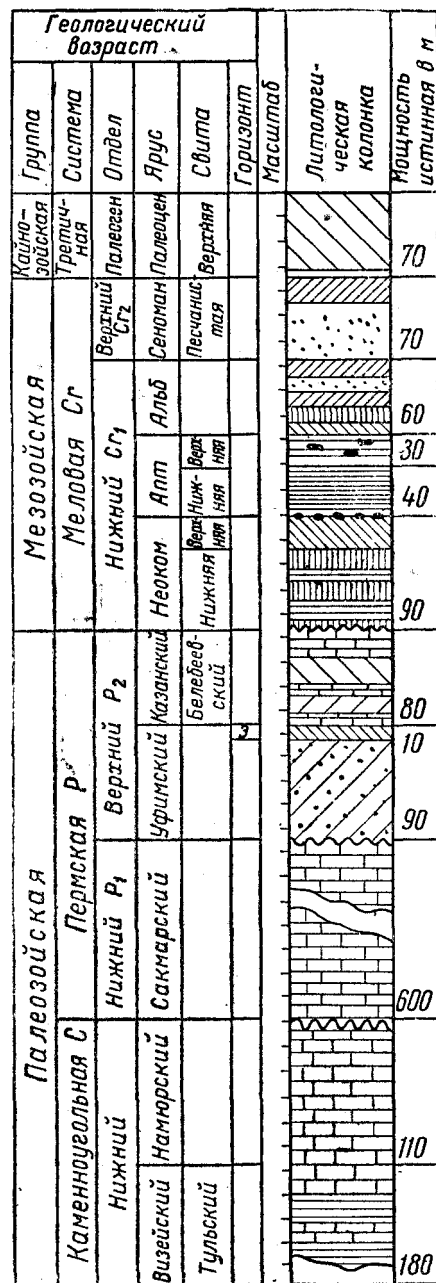
По вертикали в стратиграфической колонке располагают последовательно весь комплекс отложений, участвующий в геологическом строении исследуемого района, начиная от самых молодых пород вверху до наиболее древних внизу. Все наблюдаемые и обоснованные фактическими данными границы между слоями, свитами, ярусами, отделами, системами и группами обозначаются прямыми линиями и прочерчиваются через всю колонку. Перерывы в осадконакоплениях, отмеченные слева в стратиграфической последовательности, в колонке обозначаются двумя параллельными линиями 1; угловые несогласия между отдельными свитами, ярусами, отделами и т. д. указываются волнистой линией 2. Эти обозначения дают возможность отмечать на стратиграфическом разрезе основные элементы тектоники, обусловленные складчатыми движениями.

### § 7. Особенности геологических съемок различных масштабов

Геологическая съемка, как отмечалось выше, является исследованием, в результате которого устанавливают геологическое строение района.

Геологическое изучение местности для поисков и разведки нефтяных месторождений производится в два основных этапа, различных по своему назначению, степени детальности и методике проведения, но неразрывно связанных между собой.

Первый этап заключается в предварительном схематическом изучении мало исследованных



Фиг. 170. Нормальный стратиграфический разрез отложений.

Краткая характеристика пород	Палеонтологические формы	Примечания
Глины зеленовато-серые, гипсосодержащие	Tellina, гастроподы, зубы акул	—
Глины темносерые, пески глауконитовые и кварцевые	Jnoceramus crippsi; Schloembachia varians	Пески водоносные
Глины с прослоями песков и песчаников	Nucula, Nuculana Solea; Corbula	—
Глины темносерые с включением сидерита	Nucula pectinata	Признаки нефтеносности
Глины черные, фосфоритовый слой	Astarte и др.	—
Глины пестроцветные	Ostrea, Exogyra	—
Песчаники с прослоями глин	Trigona, Raporaea	Песчаники с признаками нефтеносности
Известняки и красноцветные глины	Modiolopsis sp., Murchisonia	—
Глины серые, песчано-глинистая красноцветная толща	—	—
Известняки рифогенные, в низах доломиты	Радиолярии, фузулины, криноидеи, кораллы	—
Известняки доломитизированные	Фораминиферы (штафеллы)	Признаки нефти
Известняки и алевролиты	Фораминиферы	—

Примечание. В дополнение к геологической карте и профилям иногда составляют сводный разрез, в котором показывают результаты влияния денудационных процессов (глубину размыва и контакт их с четвертичными отложениями). Такая схема не заменяет нормального разреза (колонки) отложений и служит лишь схемой взаимосвязей стратиграфических свит и литологических комплексов.

областей для поисков и выделения районов и площадей, перспективных в нефтеносном отношении. Геологическая съемка, проводимая с этой целью, носит название региональной или областной. Эти съемки относятся к мелкомасштабным (1 : 500 000 — 1 : 1 000 000) и имеют своей задачей выяснение геологического строения территорий или районов для обоснования дальнейших геологических исследований при поисках нефти и газа. Тематические региональные съемки решают стратиграфические, палеогеографические и тектонические задачи.

Площадные полудетальные съемки производят в масштабе 1 : 200 000. В горных областях с пересеченным рельефом и сложным геологическим строением масштаб съемки укрупняют до 1 : 100 000. В таком же масштабе производят съемки в областях со спокойным рельефом, когда необходимо составление сводных или обзорных геологических карт для выявления геологических особенностей и закономерностей, свойственных нефтеносным областям, а также для планирования геологических исследований.

Второй этап состоит в детальном изучении геологического строения выделенных при региональной съемке отдельных районов и площадей для подготовки их к разведке на нефть и газ буровыми скважинами. Геологические съемки такого назначения носят название детальных и проводятся в масштабе 1 : 50 000 и крупнее. Для геологического изучения деталей строения района прибегают к детальной площадной съемке, которая ведется в масштабе 1 : 25 000, 1 : 10 000. Такая съемка обычно сопровождается горными выработками.

Выделяется еще геолого-структурная съемка, которая ставит своей целью помимо получения геологической карты выяснение подземного рельефа пластов путем построения структурных карт по опорным горизонтам, частично не выходящим на поверхность (подземное картирование). Масштаб съемки в этом случае 1 : 50 000 и крупнее.

В зависимости от задач, которые ставят перед геологической съемкой, вида съемки, степени обнаженности, залесенности и особенностей геологического строения района поиски обнажений производят различными способами.

При региональных съемках по маршрутам, направленным вкост преобладающему простиранию пород, маршруты выбирают по речным системам, бортам древних долин, водоразделам и другим эрозионным формам. В этом случае представление о геологическом строении района геолог получает на основании изучения обнажений горных пород вдоль узкой полосы, т. е. маршрута. Такой метод геологического исследования называется маршрутным и соответственно выделяется маршрутная геологическая съемка.

При детальных съемках для поисков обнажений покрывают площадь или частями параллельными маршрутами или же просматривают тщательно всю поверхность района, идя во всех направле-

ниях от найденного обнажения. При этих способах геологическое строение района устанавливают последовательным изучением всей площади, поэтому такая съемка носит название соответственно или маршрутно-площадной или полудетальной.

Нанесение или картирование обнажений горных пород, выходов и признаков полезных ископаемых на топографическую карту производится различными способами в зависимости от имеющихся топографических карт, вида и метода съемки. При маршрутной съемке в районах, где имеются лишь мелкомасштабные топографические карты, геологическая съемка сопровождается одновременно и глазомерной топографической съемкой.

При детальных съемках привязка пунктов наблюдений производится полуинструментальным (при помощи буссоли, анероида) или инструментальным способом (геодезическими инструментами с привязкой к триангуляционной сети местности). Структурно-геологическая съемка по своему характеру относится к детальной съемке, по методу ведения полевых работ — к площадной и по приемам нанесения данных на топографическую основу — к инструментальной. Таким образом, по способу привязки пунктов геологических наблюдений различают такие виды геологической съемки, как глазомерная, полуинструментальная, инструментальная.

Классификация всех видов геологических съемок с учетом их особенностей приведена в табл. 19.

Виды геологических съемок

Таблица 19

Виды геологических съемок	Основные показатели			
	масштабы	степень учета обнажения	способы привязки пунктов наблюдений	методы съемки
Региональная	1 : 1 000 000— 1 : 500 000	По маршрутам	Глазомерно	Маршрутная
Площадная полудетальная или структурно-геологическая	1 : 200 000— 1 : 100 000	По маршрутам, увязываемым на площади	Глазомерно, полуинструментально	Маршрутно-площадная
Детальная или структурно-геологическая	1 : 50 000— 1 : 10 000	По площади	Инструментально	Площадная

### § 8. Условия, влияющие на производство геологических наблюдений

Геологическая съемка, осуществляемая для изучения геологического строения обширнейшей территории нашей Родины и поисков полезных ископаемых в недрах земной коры, проводится в самых разнообразных условиях.

Геолого-съёмочные работы ведут на площадях с сильно расчлененным рельефом и значительной амплитудой высотных отметок его, с большим количеством обнажений или на сглаженных равнинных территориях, где присутствие чехла современных отложений скрывает от наблюдателя основные элементы геологического строения их. Наличие разветвленной гидрографической сети при проведении детальных съёмок осложняет производственный процесс, так как требует организации соответствующего водного транспорта в комбинации с наземным. Однако речные протоки в сильно залесяной местности нашей необъятной страны иногда служат единственными дорогами, по которым можно успешно проводить геологическую съёмку, изучая естественные обнажения, созданные деятельностью проточной воды. Такие обнажения, прослеживаемые в береговых обрывах рек в различных географических условиях, дают возможность успешно производить геологическое картирование путем прослеживания («вытягивания») отдельных горизонтов, свит и других комплексов на десятки километров.

Растительный покров в травянисто-степных, болотистых, песчаных местностях, районах, покрытых лесом и особенно тундрой, значительно затрудняет проведение геологических съёмок, так как требует затраты большого количества времени на поиски обнажения при наземной съёмке. Здесь огромную помощь оказывают аэровизуальные наблюдения, практически осуществляемые с воздуха при полетах на аэроплане.

Климатические факторы наряду с другими имеют также существенное значение и могут серьезно повлиять на успешное проведение геологической съёмки.

Проведение геологических исследований в высокогорных, таежных, полярных условиях требует при организации геологической съёмки особого внимания к вопросам снаряжения, оборудования и транспорта. Кроме того, наличие большого снежного покрова в течение большей части года ограничивает сроки проведения полевого периода. Наоборот, в южных областях СССР этот производственный период практически может продолжаться круглый год и этим создаются неограниченные возможности при изучении геологического строения нашей страны. Однако и здесь в пределах отдельных территорий имеются некоторые ограничения климатического характера, обусловленные дождливыми периодами, сильно затрудняющими ведение полевых наблюдений.

При организации и проведении геолого-съёмочных работ существенным фактором является наличие населенных пунктов и достаточно разветвленной дорожной сети, возможность быстрого наземного передвижения в пределах площади геолого-съёмочных работ, наличие воды и пр. Все это относится к группе важнейших условий, от которых в значительной степени зависят успех и качество производимых геологических исследований.

## Глава XI

### ПРИЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

#### § 1. Региональная геологическая съёмка

Первой стадией геолого-съёмочных работ является региональная геологическая съёмка. Она производится в областях, геологически мало изученных, или в районах, в которых можно предполагать наличие нефтепроявлений или их возможную значимость в смысле нефтеносности по аналогии с соседними областями или по наличию в них свит, промышленно нефтеносных в других районах. Недостаточная степень геологической изученности обуславливает необходимость дальнейшего расширения геологических исследований и требует постановки в первую очередь этого вида мелкомасштабной съёмки.

Получив задание на производство региональной геологической съёмки какой-либо площади, геолог должен ознакомиться со всеми имеющимися сведениями по геологии и топографии этой площади. Тщательное изучение картографического материала особенно необходимо, так как от этого будут зависеть выбор маршрутов и весь предварительный план работы. Геологу нужны будут также сведения о климате области, о ее населении, о путях сообщения, о средствах передвижения.

Региональная съёмка при отсутствии топографической основы или при наличии мелкомасштабных карт (например, 1 : 500 000) проводится одновременно с глазомерной топографической съёмкой упрощенного типа. Такая глазомерная съёмка при геологических исследованиях отличается от собственно топографической глазомерной тем, что ведется только по маршруту при помощи горного компаса. Она дает только взаимное расположение пунктов наблюдений на плане и приближенное представление о рельефе.

Работа геологической партии при региональной съёмке проводится маршрутами. По заранее выбранным направлениям, обычно совпадающим с долинами рек, перевальными участками в горах, водораздельными высотами, геолог исследует все встреченные по пути обнажения, знакомясь попутно со всеми геологическими факторами, освещающими тектонику, стратиграфию, процессы дену-



дации, деятельность рек и т. д., захватывая вдоль этих маршрутных линий полосу в 3—5 км.

Обнажения служат основным материалом для изучения района. От их количества и доступности зависят та или другая степень полноты работы, ее большая или меньшая детальность. Поэтому выбор маршрутов зависит от того, по какому из них можно встретить больше всего обнажений. Нужно избегать широких речных долин и равнин, покрытых растительностью, лесом, лугами, пашнями. Больше всего обнажений встречается в балках, оврагах, в ущельях горных рек, на крутых гребнях и склонах водораздельных высот. Маршруты выбирают вкрест простирания, так как в задачи рекогносцировки не входит прослеживание свит и пластов по простиранию; с другой стороны, такой маршрут позволит охватить все развитые на данном участке отложения.

Основным источником сбора фактического материала являются естественные обнажения, пополняемые материалами по искусственным обнажениям.

Детальность описания обнажений будет зависеть от назначения геологической съемки, предпринимаемой для освещения общей геологической картины или нефтеносности отложений. В начале работ поэтому приходится описывать обнажения подробнее, брать побольше образцов, делать почаще зарисовки. Когда данная свита, слагающие ее породы и свойственные ей признаки, а также структурные и стратиграфические особенности района будут уже освещены, маршруты и встреченные обнажения потребуют менее подробного описания, особенно когда уже сложится общее представление о возрасте и стратиграфии отдельных свит и об основных тектонических формах.

Количество маршрутов, потребное для изучения площади, зависит от характера местности, от сложности ее геологического строения, от степени детальности, которой задается геолог. При спокойном залегании пород, при однообразных имеющих широкое распространение отложениях достаточно несколько маршрутов, чтобы получить обстоятельное представление о строении местности. Наоборот, при сложной тектонике, при пестроте и изменчивости петрографического состава таких маршрутов потребуются несравненно больше. Маршруты вкрест господствующим линиям простирания пород необходимо связывать маршрутными же исследованиями по простиранию этих линий. Такие увязки неизбежны при резком несоответствии в тектонике и в геологическом разрезе двух соседних маршрутов вкрест простирания.

Предпринимая региональную съемку с вполне определенным заданием — определить наряду с изучением геологического строения района возможность нефтеносных отложений района, геолог должен сосредоточить максимум своего внимания на последнем вопросе. Для этого нужно изучить все известные местному населению нефте- и газопроявления, установить приуроченность их к тем или иным свитам стратиграфического разреза отложений и выяснить их связь с тектоникой района.

Техника региональной съемки заключается в том, что геолог-съемщик сначала выбирает направление маршрута, определяет его азимут и затем прокладывает этот маршрут на местности. Техника съемки по характеру последовательности операций заключается в определении азимутов маршрутов, горизонтальных расстояний между пунктами наблюдений, высотных отметок их и описания обнажений, наблюдаемых на трассе маршрута.

Проложение маршрутов в поле осуществляется при помощи горного компаса или буссоли и практически производится по заданным азимутам с учетом поправок за счет магнитного склонения.

В записной книжке отмечаются подробно все азимутальные изменения в линейном проложении маршрута и точно фиксируются пункты изменения линии маршрута.

Определение расстояний между отдельными обнажениями или точками на маршрутной линии зависит от используемого вида транспорта (спидометр на автомашине; время, затрачиваемое на переезд верхом на лошади либо в лодке по реке) и должно достигать достаточно высокой точности.

Геолог, производя съемку по маршруту, исследует все встреченные на своем пути обнажения, местоположения пунктов наблюдений наносит на топографическую карту, ориентируясь на выдающиеся точки местности путем засечек или глазомерно, определяя также анероидом высотные их отметки.

При описании обнажений необходимо обеспечить составление послойного разреза и отбор образцов, характеризующих все литологические разности геологического разреза по главным основным маршрутам.

Элементы залегания пород надо замерять во всех обнажениях, при этом в складчатых областях их определяют горным компасом, а в платформенных по трем точкам при помощи анероида и буссоли либо теодолитом.

В маршрутных исследованиях на первых этапах работ вслед за изучением стратиграфического разреза отложений особенно большое значение должно иметь выявление структурных элементов (крупных поднятий, прогибов и др.), которые характеризуют изучаемый регион в целом. Отмечая наличие местных структурных поднятий и тектонических осложнений, к их детальному изучению следует возвратиться после выявления закономерностей и соотношения основных структурных зон.

#### Составление профильных геологических разрезов по маршрутам

Сам характер работы региональных геологических исследований по определенным маршрутным линиям, между которыми остаются зачастую значительные площади неосвещенными, приводит к тому, что первые обобщения результатов работ при рекогносцировке обычно даются геологом в виде геологических профилей. Основным материалом для составления разреза служат нанесенные на карте обнажения и записи в полевой книжке.

Вычертив карту маршрута, обозначив на ней обнажения соответственно записям в книжке с указанием направления линий простираения и падения пластов, приступают к составлению топографического профиля, пользуясь, если карта дана в горизонталях, отметками последних или высотами отмеченных точек по anerоиду (см. фиг. 145, б).

Азимут линии, по которой составляют профиль, должен быть обозначен на разрезе — профиле; причем, если профиль проведен по ломаной линии, то указывают азимут каждого отрезка. Направление профилей прочерчивают на карте в виде соответствующих прямых или ломаных линий и каждую из них обозначают двумя буквами. При этом принято обычно северный или восточный конец разреза располагать справа, а южный или западный слева.

Вычертив топографический профиль, переносят на него согласно обозначениям на карте обнажения. При этом может случиться, что часть обнажений пересечется профилем по простираению, часть вкост простираения, часть по косому (или диагональному) направлению. Все эти обстоятельства при построении профиля должны быть соответственно учтены.

Точки наблюдения (обнажения, разрезы, горно-разведочные выработки и др.) переносят на профиль только по простираению (см. фиг. 65, з), причем расстояние сносимых точек наблюдений от линии профиля зависит от масштаба построения и сложности геологического строения района. Средние величины расстояния определяются численным значением масштаба карты (например,  $1\text{ см} = 500\text{ м}$ ,  $1\text{ см} = 50\text{ м}$ ). При условии относительной выдержанности простираения пластов и литологического постоянства отложений, а также одинаковых углов падения это расстояние соответственно увеличивается.

При нанесении элементов залегания (линий падения и простираения) на карту можно пользоваться компасом или транспортиром. В первом случае карту ориентируют таким образом, что линия меридиана совпадает с линией  $0-180^\circ$  на компасе, и, чтобы север карты совпал с северным концом стрелки, а юг карты с южным концом стрелки, при этом надо внести поправку на угол склонения. После этого к точке, соответствующей на карте данному обнажению, прикладывают компас длинной стороной (буквой С или Ю), обращенной к северу и поворачивают до тех пор, пока отсчет на стрелке не покажет значение, записанное в полевой книжке (для азимута падения или простираения), после чего данная линия и прочерчивается по грани компаса. Этот способ пользования компасом неудобен тем, что нужно ориентировать карту и часто проверять, не сдвинулась ли она; кроме того, приходится тратить значительное время у каждой точки на арретирование и отпускание стрелки, на ожидание, пока она успокоится, на поворачивание компаса до нужного положения, на отсчет и т. д. Его достоинство в том, что, раз ориентировав карту по компасу с соответствующим магнитным склонением, можно пользоваться записанными в книжке отсчетами, не вводя поправки для каждого случая.

При пользовании транспортиром определяют угол, образующий соответствующим азимутом линии падения или простираения с линией С—Ю компаса, причем в записанный в книжке отсчет вводят поправку на склонение, затем по транспортиру, приложенному к данной точке на карте, наносят линию, образующую вычисленный угол с меридианом, проходящим через точку. Этот способ несравненно проще и удобнее предыдущего. Его недостаток — необходимость двух пересчетов: при введении поправки на склонение и при определении угла с меридианом для каждой точки, что связано с возможными ошибками. Наиболее рационально вычерчивать азимуты маршрутов на специальном круге, который представляет собой круглый транспортир диаметром  $20-25\text{ см}$ , разделенный на градусы и вращающийся на вертикальной оси. При съемке по длинным маршрутам рационально применять круглый транспортир, который имеет не только радиусы азимутов, но и концентрические круги расстояний; он может также передвигаться вправо и влево. Прозрачная калька наворачивается на валики, расположенные сверху и внизу прибора. Перемещая транспортир вправо или влево, а также вращая верхний и нижний валики, можно из любой данной точки проложить линию по заданному азимуту и определить расстояние между обнажениями.

Наблюденные обнажения наносят с соответственными элементами залегания: нужно сохранять действительную мощность свит и все тектонические элементы. Все детали в пределах выбранного масштаба должны быть нанесены с четкостью и ясностью, необходимыми для получения быстрого и правильного представления о характере тектоники и особенностях залегания пород.

Имея в своем распоряжении ряд профилей, геолог по окончании своих маршрутов дает схематическую геологическую карту исследованного района или его части.

Такую схематическую карту с обозначением всех маршрутов составляют в результате нанесения геологом на карту всех своих материалов, а затем связывания от профиля к профилю границ распространения отдельных свит и тектонических линий.

## § 2. Детальное геологическое картирование

Районы, выделенные при рекогносцировочных геолого-съемочных исследованиях как наиболее перспективные, до постановки на них промышленной разведки должны быть изучены детальными геологическими съемками.

Основными задачами детальными геолого-съемочных работ являются: а) составление детальной геологической карты на основе изучения отложений, обнажающихся на поверхности (или в горно-разведочных выработках); б) составление детального стратиграфического разреза отложений; в) выяснение тектонического строения района; г) выяснение и определение наличия признаков нефтегазоносности отложений.

Представляя детальную в соответствии с выбранным масштабом картину геологического строения местности, геологическая карта требует особых приемов работы, своей методики.

Детальная геологическая съемка при современной постановке таит в себе большие резервы различных качественных и количественных возможностей. Их нужно только уметь вскрыть и использовать в своей практической работе.

Выбирая масштаб геологической съемки и практически определяя методику этой съемки, геолог должен учитывать целый ряд условий, могущих явиться исключительно благоприятными для облегчения и ускорения производственного процесса. Так, например, в инструкции указывают, что при съемке в масштабе 1 : 100 000 маршруты надо закладывать через 1 км.

Однако если этого правила придерживаться механически, то при известном напряжении физических сил, а также при игнорировании систематической обработки полевых материалов можно, перевыполнив план съемки по площади, не вскрыть всех основных моментов геологической истории района. Отсюда несомненно, что полевые геологические съемочные работы должны проводиться дифференцированно, с маршрутами то вкост простирания, то по простиранию. Особенно важно изучение характерных горизонтов и поверхностей несогласий, чтобы этим с использованием и других факторов можно было дать вполне осмысленную, детальную, наполненную богатым содержанием геологическую карту и выявить все имеющиеся в районе полезные ископаемые и зоны их распространения.

Детальная геологическая съемка основана на наблюдениях (в обнажениях), на геометрических построениях (сечение пластов рельефом поверхности) и на предположениях, основанных на косвенных признаках (геоморфологических, геоботанических и др.).

Геологическая съемка состоит из изучения и нанесения на карту стратиграфических, тектонических и интрузивных контактов.

Детальную геологическую съемку начинают с проведения рекогносцировочного осмотра местности путем проложения в районах полевых работ нескольких маршрутов. Последние должны охватить по возможности всю площадь съемки и дать первые представления о геологическом (литологическом) и стратиграфическом разрезе отложений.

Составлению детальной геологической карты прежде всего должно сопутствовать детальное изучение нормального стратиграфического разреза. Иногда при геологической съемке особенно резко выявляется взаимосвязь тектоники и стратиграфии, дополняющих и помогающих друг другу в изучении геологии района. В самом деле, для того, чтобы расшифровать тектонические структуры, необходимо знать стратиграфию, последняя же в свою очередь требует правильного понимания структуры данного района. Обычно изучение топографической карты и знакомство с данными предыдущих исследований позволяют уже заранее наметить маршрут, наиболее обещающий в отношении получения максимума дан-

ных по геологии изучаемого района. Время, затрачиваемое на этот основной разрез, экономить не следует, — оно окупится полностью при дальнейших исследованиях, которые будут иметь своей задачей лишь выяснение и уточнение деталей строения района. Степень детальности основного разреза должна быть максимальной. Например, при геологической съемке масштаба 1 : 100 000 такой разрез необходимо составлять в масштабе 1 : 25 000. Его нужно пройти шаг за шагом с возможно более полным и точным измерением мощностей свит. Особенное внимание как в данном случае, так и при последующей работе следует обращать на точность нанесения на карту местоположения обнажений.

Пройдя детально основной разрез и получив общие представления о стратиграфии и тектонике района, следует приступить к дальнейшему, уже площадному картированию. Основным моментом картирования является правильная увязка горизонтов и толщ, наблюдаемых в отдельных обнажениях. Комбинируя эти отдельные обнажения согласно замерам падений и простираний и учитывая их стратиграфическое положение, последовательно выявляют формы и простирания складок. Расширяя таким образом площадь исследования, устанавливают распространение и структуру геологических образований на поверхности, что в конечном итоге и дает геологическую карту.

На основе изучения материалов этих первых маршрутных исследований намечают дальнейший план работы.

Всю площадь планшета, предназначенную для геологической съемки, разбивают на ряд участков, картирование которых производят последовательно в зависимости от геологических, или географических, или экономических факторов.

На каждом участке полевую работу начинают с изучения и описания обнажений. В идеальном случае должны быть нанесены на карту и изучены все обнажения, которые по масштабу карты могут быть на ней отмечены. При очень большом числе обнажений не всегда можно это сделать; чем крупнее масштаб карты, тем больше должно быть осмотрено и изучено обнажений.

Однако изучение и нанесение на карту обнажений необходимо вести по известному плану, обеспечивающему в первую очередь прямые цели геологического картирования. А основная задача геологического картирования — выявление границ отдельных свит, выяснение их тектонических взаимосвязей.

Обобщая основные приемы геологического картирования, отмечаем, что геологическая съемка должна выделить все фазы тектогенеза и определить последовательность всех отложений. Изучая разрез вкост простирания толщ, надо обращать внимание на каждую резкую смену фаций, наступающих обычно в результате резких движений, сопровождающихся размывом и угловым несогласием.

Разные фации, залегающие рядом по простиранию структуры, могут быть отнесены к отложениям одного и того же возраста.

Однако такое заключение должно быть проверено путем сравнения соседних стратиграфических колонок.

Для окончательного установления несогласий нужно обращаться к структуре, выявляемой на геологической карте.

Надо особенно ярко подчеркнуть ложность существующих представлений о том, что несогласия выявляются только в обнажениях, которые на карту наносят в виде точки. Несогласия лучше всего могут быть выявлены и прослежены только на геологической карте, представляющей срез структуры по громадной поверхности, притом обычно под острым углом к элементам залегания отложений. Только на геологической карте можно наблюдать и проследить резко выраженными небольшие угловые несогласия, особенно азимутальные несогласия, которые иногда совершенно не учитываются.

Прослеживание геологических границ отдельных свит является одним из совершенно необходимых приемов геологической съемки, начиная с масштаба 1 : 100 000 и крупнее, так как дает возможность при составлении геологической карты сразу же наблюдать наличие несогласий и тектонических нарушений.

Для выделения отдельных свит надо использовать весь комплекс критериев (анализ гальки, петрографическое изучение конгломератов, литологический анализ тяжелой фракции осадочных пород и др.).

Значение литологического метода в пояснениях не нуждается, так как этот метод дает возможность на основе цвета, строения породы и прочего судить об условиях образования и накопления пород. Только этим методом с привлечением других данных (микро- и макрофауны и пр.) можно правильно разбить на свиты однородную в фаціальном отношении толщу осадков.

При изучении коры выветривания детально изучают горные породы и продукты их выветривания: минералогический состав горных пород, их структуру и текстуру, присутствие прослоев и тел с иной сопротивляемостью; элементы залегания; степень трещиноватости; зоны контактов, гидрогеологические условия.

При этом особое внимание должно быть обращено на изучение изменений легко наблюдаемых физических признаков породы: а) окраску, по которой легко отличить выветрелую породу, так как при выветривании появляются бурые, красные и желтые тона; б) твердость, сильно изменяющуюся при выветривании; породы, состоящие из различных минералов, крошатся и превращаются в дресву; в) трещиноватость, нередко увеличивающуюся с развитием выветривания. Кроме того, изучают элювиальные образования, представляющие конечные продукты выветривания и разложения горных пород, оставшиеся на месте своего первоначального происхождения. Эти отложения характеризуются отсутствием слоистости и отсортированности.

При помощи рулетки определяют мощность каждого прослоя или горизонта, обращая внимание на нижнюю поверхность изменения горных пород. При этом отмечают переход неизменной гор-

ной породы в слой элювия (постепенный, резкий, выражающийся в окраске, смене состава пород и т. д.).

Отмечают зависимость мощности коры выветривания и отдельных слагающих ее элювиальных горизонтов и их состава от изменения разреза горных пород и от различных геоморфологических элементов и их разного возраста.

Все изменения пород описывают, зарисовывают и фотографируют. Различные стадии выветривания пород документируют сбором образцов.

При проведении полевых наблюдений особое внимание должно быть обращено непосредственно на геологические данные, свидетельствующие о наличии нарушений. Последние могут быть скрыты рыхлыми отложениями, но на их присутствие могут указывать некоторые топографические или геоморфологические признаки. К ним относятся изломы горных хребтов, уступы, оползни, склоны треугольной формы, срезы, вскрывающие строение гор, дренажные линии различного типа и источники.

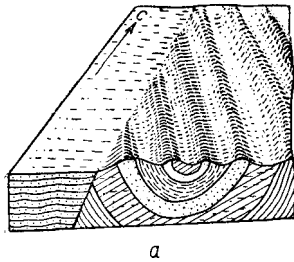
Уступ — это относительно крутой, прямой склон определенной высоты. Уступ не обязательно свидетельствует о наличии нарушения. Уступы, контролируемые сбросовыми нарушениями, могут быть двух типов: сбросовые уступы и уступы вдоль плоскостей сбросов (см. фиг. 113). Рельеф сбросового уступа обусловлен непосредственно движением по сбросу. Рельеф уступа вдоль плоскости сброса обусловлен различной скоростью денудации на выходах плоскости сброса по обе его стороны. Высота сложного сбросового уступа обусловлена частично денудацией и частично движением по сбросу.

Деформационная структура горного хребта (фиг. 171) вызывает предположение о наличии сброса. Западная часть района представляет аллювиальную равнину, к востоку расположена серия хребтов северо-западного простирания.

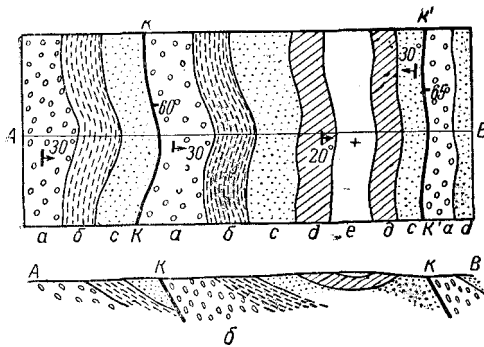
Признаками, указывающими на приближение к крупному смещению, являются трещины, резкая гофрировка пластов, наличие пережимов и раздувов в отдельных пластах. Некоторые смещения настолько заметны, что сразу представляется возможным решить вопрос об их характере и размерах. Сравнительно очень редко удается наблюдать смещение со всеми их элементами.

Наоборот, чаще приходится судить о них по мало заметным признакам или отдельным элементам, установление которых требует особого наблюдения и тщательного сопоставления фактов. Смещения или отдельные признаки их наблюдаются в естественных и искусственных обнажениях горных пород, т. е. в выходах последних на дневную поверхность в геолого-разведочных выработках. Крупные нарушения устанавливаются в результате геологического картирования.

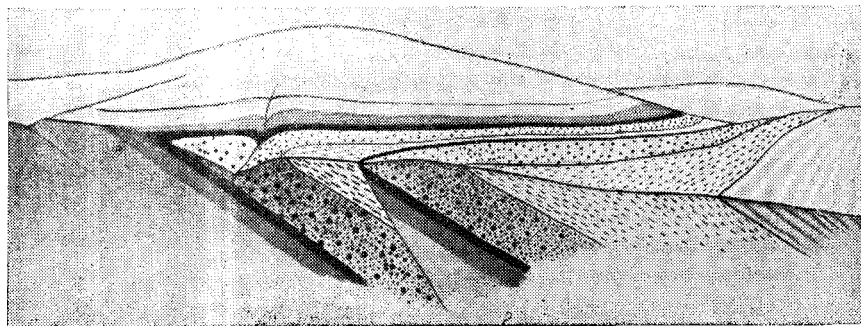
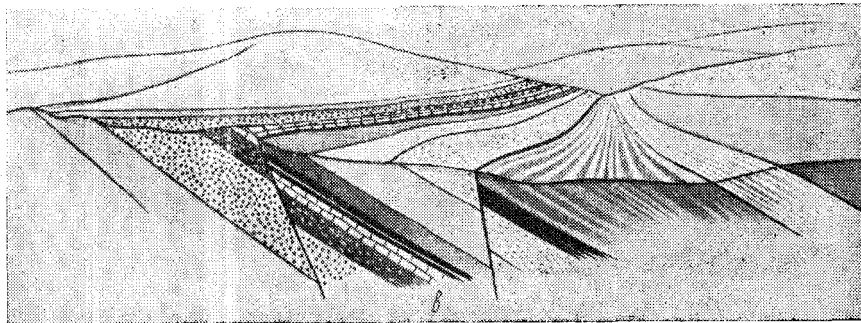
На дневной поверхности в хороших обнажениях, выемках, оврагах, берегах рек и т. д. сместители иногда отчетливо видны. В этих случаях определение элементов залегания сместителя, характеристика зоны последнего, а при выраженных зеркалах сколь-



Фиг. 171. Примеры проявления разрывных нарушений и отражение их в рельефе поверхности.



а — выход плоскости сброса и его связь с деформационной структурой горного хребта; б — геологические карта и разрез района со смятыми в складки осадочными породами, нарушенными сбросами; а, б, с, д, е — последовательность слоев от древних к молодым; КК, К'К' — линии сбросов; а — блок-диаграмма сброса; з — блок-диаграмма вброса.



жения и определение направления перемещения одного крыла относительно другого не представляют затруднений.

Зарисовка обнажения, измерение доступных линейных и угловых величин характеризуют смещение в данной точке, которую глазомерно или по результатам съемки наносят на карту.

Аналогично ведут наблюдения и в других точках (обнажениях), если сместитель в них также отчетливо выражен, независимо от того, являются ли эти обнажения на поверхности естественными или искусственными. В открытой равнинной местности смещения непосредственно не видны. Тогда их устанавливают картированием выходов пород на поверхность. Только наличием разрывных нарушений можно объяснить на карте наблюдаемое несоответствие между слоями, выражающееся в исчезновении отдельных пластов, нарушении нормального их чередования, необычно резком переходе от одной структуры к другой и т. д.

К проявлению смещений на поверхности следует относиться с большим вниманием, так как особенно хорошо обнаженная поверхность дает полную картину распределения и поведения смещений на больших площадях в горизонтальном, вернее почти горизонтальном, срезе. Однако необходимо иметь в виду, что по взаимному положению расчлененных смещением пластов в выходах на поверхность можно судить только о горизонтальной амплитуде перемещения, но нельзя точно установить направление перемещения, так как разные перемещения могут дать в горизонтальной плоскости одинаковый эффект.

Характеристику смещений на той или иной глубине дают наблюдения в секущих геолого-разведочных выработках. Поэтому во всех точках встречи выработок со сместителем ведут наблюдения, замеры элементов залегания, зарисовки и при необходимости составляют вертикальные и горизонтальные разрезы вдоль этих выработок.

Масштаб зарисовок выбирают от 1 : 10 до 1 : 50 в зависимости от размеров и сложности объекта зарисовки. Разрезы по выработкам составляют в масштабах 1 : 50 — 1 : 200.

Во многих случаях сместитель представляется в виде зоны дробления, где нельзя получить никаких указаний относительно элементов залегания и направления его, перемещения крыльев и других данных, кроме положения точки встречи пласта и сместителя и мощности зоны дробления. Эти данные также важны, так как совокупность их будет определять форму поверхности сместителя и положение его в пространстве.

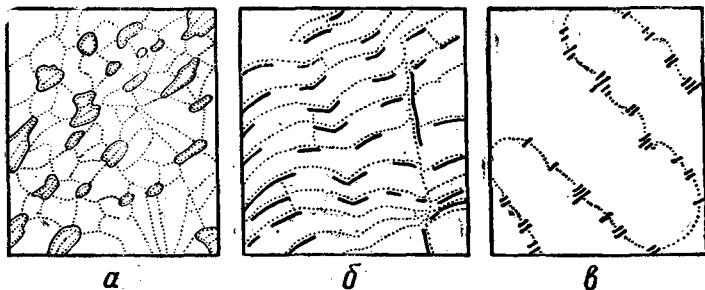
В скважинах положение сместителя устанавливают по зоне дробления и положению встреченных стратиграфических горизонтов.

К критериям, характерным для смещений, принадлежат следующие: 1) прерванность деформационной структуры; 2) повторяемость или выпадение пластов; 3) особенности, характерные для плоскостей сбросов; 4) окварцевание и минерализация; 5) внезапные изменения осадочных фаций; 6) геоморфологические данные.

Многие из этих особенностей характерны также и для несогласий, поэтому бывает трудно определить, что имеет место — смещение или несогласие.

Прерванность деформационных структур характерна для сбросов, но она доказывает наличие сбросов только в том случае, если исключены все другие возможные интерпретации, объясняющие ее появление.

На фиг. 171, б представлена геологическая карта района со смятыми в складки осадочными породами, нарушенными сбросами. В центральной части карты находится синклинали; это видно по падению и по тому, что по мере продвижения от *а* к *е* встречаются все более молодые породы различных формаций. В центральных



Фиг. 172. Способы практического проведения детальной геологической съемки.

*а* — по обнажениям; *б* — по простиранию; *в* — вкрест простирания.

участках одна или несколько формаций отсутствуют. Линии *КК* и *К'К'* могут быть следами сбросов, но для определения направления и величины падения сброса нет данных.

На плоскостях многих сбросов имеются такие отличительные особенности, как зеркала скольжения, ребристые структуры, глинка трения, брекчии и милонит.

В практике полевой геологии известны три основных способа детального геологического картирования, при помощи которых практически исследуют площадь:

- 1) картирование по точкам описанных обнажений (фиг. 172, *а*);
- 2) картирование по простиранию (фиг. 172, *б*);
- 3) съемка профилями или маршрутами — вкрест простирания (фиг. 172, *в*).

Применение того или иного способа съемки зависит от степени обнаженности района, сложности геологического строения и степени детальности (масштаба).

#### Картирование по точкам описанных обнажений

Практическое осуществление геологической съемки заключается в поисках обнажений на площади планшета. В случае достаточного количества обнажений работу ведут следующими методами.

Глазомерно или инструментально наносят на карту обнаженные участки (обнажения), а затем путем наблюдений в поле и интерполяции (используя графические методы построения — см. фиг. 55, 58) прослеживают и проводят геологические границы между отдельными свитами.

Выбирают легко заметные (маркирующие) горизонты. Ведя по обнажению этих пластов глазомерную или инструментальную съемку, наносят их на карту. По нанесенным опорным горизонтам в дальнейшем путем интерполяции строят геологическую карту. Метод применяется при хорошей обнаженности. Если обнаженность мала и выходы коренных пород рассеяны пятнами среди наносов, то съемка заключается в оконтуривании обнаженных мест (фиг. 173).

Полевую работу ведут в двух направлениях — в протягивании пластов по простиранию и измерении нормальных разрезов (вкрест простирания) для определения мощностей и взаимного расположения пластов.

Нанеся на карту обнажение и поставив на ней значок элементов залегания, показывают условным цветом и крапом согласно условному обозначению выходящую в данном обнажении породу. Обозначение породы или свиты в полевых условиях наносят на карту не в виде сплошного пятна, а линиями, причем весьма желательно, чтобы последние располагались параллельно линии замеченного простирания. Производя штриховку слоев параллельно линии простирания, получаем направление части складки, которая затем вырисовывается полностью по мере накопления полевого фактического материала. В случае невозможности почему-либо произвести замер элементов залегания в данном обнажении штриховку следует производить в соответствии с замерами обнажений.

При резком изменении элементов залегания пород, относящихся к одному и тому же стратиграфическому комплексу, возможны отклонения в направлении штриховки, и тогда наряду с последней применяют условные цветовые оттенки. В тот же день вечером интерполируют отдельные заштрихованные участки; для этого линии простирания отдельных пластов протягивают навстречу друг другу соответственно параллельно линиям простирания соседних обнажений. Участки с наблюдаемыми контурами слоев заштриховывают сплошными линиями, участки же с предполагаемыми контурами — пунктирными.

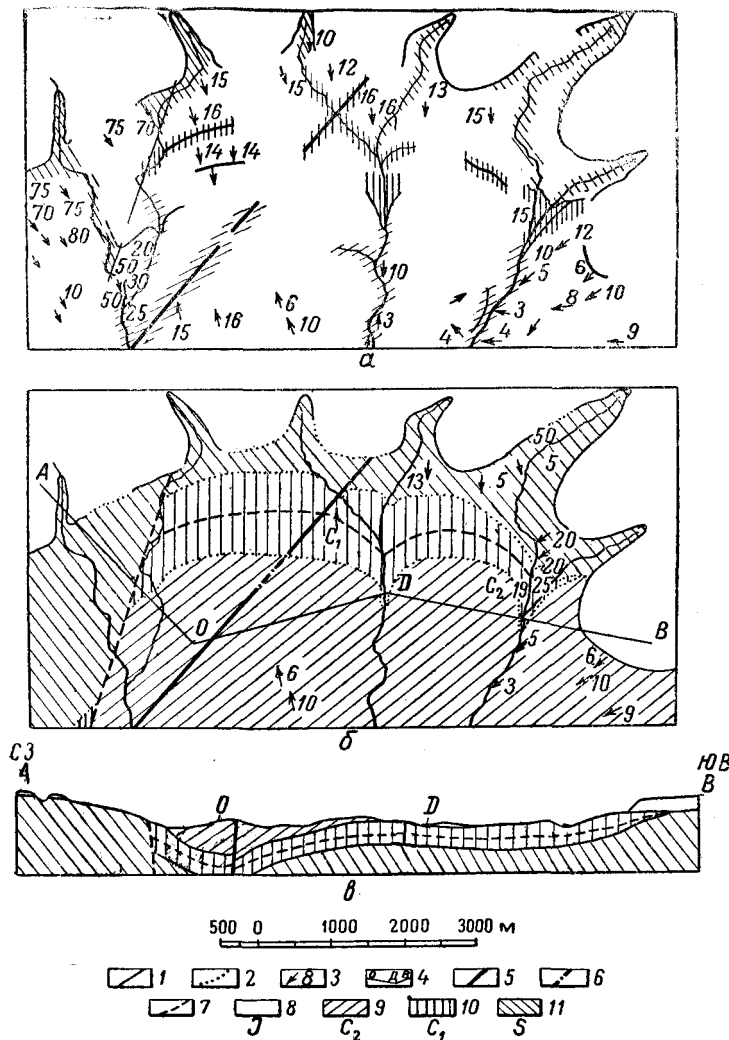
Задача съемки относительно проста при отсутствии нарушений, но когда эти явления наблюдаются, задача усложняется и требуется не только определить элементы смещения, но проследить последовательность отложений пластов на одном и другом крыле нарушения.

#### Картирование по простиранию

Метод картирования по простиранию или «вытягиванию» пластов имеет наиболее широкое применение и дает максимальный эффект при значительной обнаженности коренных пород.



Техника полевых наблюдений заключается в том, что при проведении рекогносцировочных маршрутов в разрезе отложений выделяют наиболее характерные пласты или свиты (по цвету, литологическому составу, фауне и другим признакам), которые принимаются за маркирующие, и по ним производят съемку.



Фиг. 173. Геологическая съемка по обнажениям (на топографической основе рельеф местности не обозначен).

а — геологическая карта с точками наблюдений; б — геологическая карта, построенная на основе полевых данных; в — геологический разрез по линии AOB; 1 — наблюдаемые границы отложений; 2 — построенные границы отложений; 3 — элементы залегания пласта; 4 — линия профиля; 5 — наблюдаемые разрывные нарушения; 6 — предполагаемые разрывные нарушения; 7 — маркирующий горизонт; 8 — юрские отложения; 9 — среднекаменноугольные отложения; 10 — нижнекаменноугольные отложения; 11 — верхнесилурийские отложения.

Это прослеживание пластов или свит производится по ряду признаков: а) по рельефу, так как плотные пласты дают начало возвышениям, грядкам, а мягкие — отрицательным чертам рельефа (разного рода понижениям); б) по высыпкам, т. е. по мелким осколкам пород, рассеянным по поверхности и встречаемым главным образом в выносах у нор сусликов и других животных; в) по составу и цвету почвы, так как в значительной мере они зависят от состава коренных пород; г) по растительному покрову, так как в зависимости от состава почвы резко меняется и преобладающий вид растений; д) по водоносности, так как выходы родников, заболоченные места трассируют приближение к поверхности водоносных горизонтов, которые в районе обычно приурочиваются к определенному стратиграфическому горизонту; е) по нанесению на карту линии выхода пласта — по замеру элементов залегания в одном пункте (обнажении).

Если геологу удастся на своей карте проследить последовательно точку за точкой пласта со всеми изменениями элементов залегания, мощности, литологических и фациальных свойств, со всеми нарушениями, то нередко бывает достаточно проследить один или два таких пласта или свиты, чтобы получить ясное представление о геологическом строении изучаемой площади.

Такое прослеживание (или «вытягивание») пласта состоит в том, что геолог, изучив все литологические и фаунистические свойства этого пласта, двигается по его простиранию, нанося на карту все точки, где он выходит на поверхность. Конечно, почти никогда пласт или свита не обнажается в виде непрерывных выходов; отдельные обнажения разделяются участками, где пласт скрыт наносами, растительным покровом и т. д. Если прикрывающие отложения не мощны, их следует расчищать лопаткой, чтобы убедиться, что прослеживаемый горизонт не выклинился, не заменился в силу тектонических нарушений по простиранию другой породой. Иногда придется обратиться для этого и к неглубокой горной выработке — шурфу, канаве, особенно если расчистка хоть и вскрывает пласт, но в настолько выветреном состоянии, что не удастся измерить элементы залегания. Последнее обстоятельство особенно важно, так как пласт в сущности и прослеживается для того, чтобы по картине его выхода на поверхность судить о тектонике площади. Не следует, конечно, упускать из виду и другого задания, связанного с прослеживанием пласта, — выделения стратиграфических границ изучаемых отложений.

Иногда и без выходов на поверхность можно судить о наличии прослеживаемого пласта; характер и окраска элювия, особенности почвы, растительности, выцветы солей или большая влажность почвы, выходы источников, просачивание нефти также могут быть учтены как признаки, указывающие на залегание пласта в данном месте в непосредственной близости к поверхности.

Нанеся на карту все точки обнажений, естественных или искусственных, промежутки между ними прочерчивают пунктиром, руководствуясь общим простиранием пласта между этими обнаже-



ниями, его средним углом падения и рельефом местности. Проведенная таким образом линия путем построения выхода пласта будет представлять собой некоторую извилистую кривую, отдельные точки которой строят по трем указанным данным (рельеф, угол падения, азимут падения) (см. фиг. 58).

Прослеженный («вытянутый») на карте пласт покажет все подробности тектоники и послужит опорой для картирования ряда других свит и пластов, известных по отдельным разрозненным выходам. Прослеживание пласта и нанесение его на карту со всеми изменениями в связи с положением его в различных частях какой-нибудь структуры носит название «оконтуривания» пласта.

Прослеживания одного или двух-трех пластов, хотя бы с оконтуриванием их по всем участвующим в строении площади структурам, недостаточно для составления геологической карты. Важнейшей задачей полевого геолога является определение границ распространения отдельных свит. От масштаба карты будет зависеть и дробность подразделений наносимых на карту толщ отложений. При масштабе 1 : 25 000 удается закартировать и отдельные горизонты, в то время как при масштабе 1 : 50 000 придется ограничиться свитами или же даже целыми ярусами.

Если тектоника (структура) четко вырисовывается при оконтуривании отдельных маркирующих горизонтов, то, проведя на карте границы свит, отделов или ярусов, получаем исчерпывающее представление обо всех структурных особенностях исследуемого района.

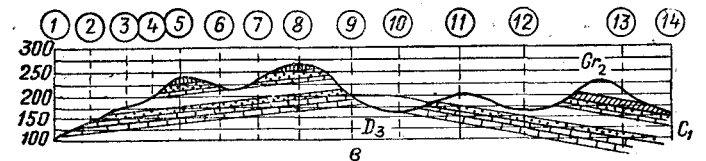
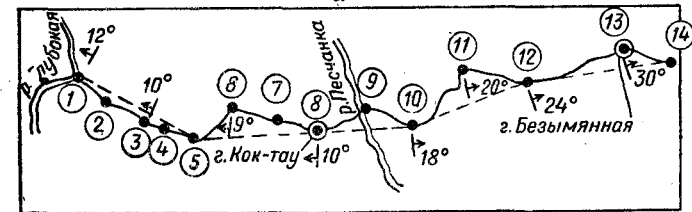
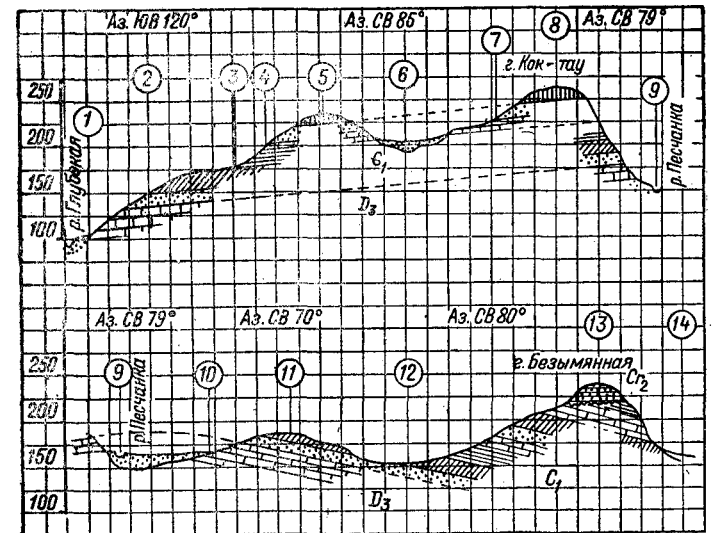
#### Съемка профилями или маршрутами вкост простираия

Для применения этого способа необходима хорошая топографическая основа.

Практически полевую работу ведут так, что по выбранному направлению — профилю — все обнажения коренных пород описывают и зарисовывают, причем эти зарисовки производят в масштабе с учетом всех высотных отметок в виде колонок разрезов. Получается разрез (фиг. 174), начинающийся в какой-нибудь определенной на карте точке, абсолютная отметка которой известна; дальнейшие высоты получаются относительными. Очень важно строго установить обозначения точек на карте и на разрезах; в записной книжке необходимо вести зарисовку по установленному шаблону, чтобы при обработке не было никаких сомнений, к какому месту относится наблюдение, так как горизонтальные масштабы на профилях в записной книжке не соблюдаются.

По окончании работы на карте вычерчивают прямую или ломаную линию, по которой составляют геологический разрез—профиль— с сохранением расстояний по этой линии, а затем на этом профиле соединяют одноименные пласты. Эти пласты или горизонты получают не непосредственным наблюдением в поле, но путем сравнения разрезов обнажений и графических построений в профилях при камеральной обработке.

При детальной геологической съемке способом профилирования или маршрутами вкост простираия часто приходится пользоваться искусственными обнажениями — шурфами и скважинами.



Фиг. 174. Съемка профилями.

а — зарисовка разреза в записной книжке; б — расположение зарисованных разрезов в плане; в — геологический профиль по линии съемки; А — мергели; Б — глины сланцеватые; В — песчаники; Г — глины серые; Д — пески кварцевые; Е — известняки.

Для этого на участке съемки провешивают ряд разведочных линий вкост простираия пластов.

Наметив на местности направление этих разведочных линий, приступают к размещению точек для закладки шурфов или сква-

жин. Для того чтобы правильно выбрать место для шурфа или скважины, с целью получения непрерывного разреза обнажений надо размещать их так, как это описано в главе XI, § 1.

При наличии значительной толщи наносов и грунтовых вод, усложняющих проведение горных выработок, вместо шурфов целесообразно применять скважины картировочного бурения. Элементы залегания пластов в этом случае определяют по трем скважинам (см. фиг. 157, 158), а затем по разведочной линии, проложенной вкрест простирания пластов, закладывают картировочные скважины, по которым составляют послойный геологический разрез отложений.

При этом надо учитывать, чтобы каждая последующая скважина вскрывала сверху пласт, в котором была остановлена предыдущая выработка. Расстояние между скважинами должно быть выбрано в соответствии с расчетами, приведенными в гл. XI.

Этот метод съемки по технике своего практического осуществления при условии применения горных выработок является наиболее сложным, но при наличии мощных наносов он остается единственно возможным.

Практически в поле применяют комбинацию всех трех методов сразу в зависимости от геологических и географических условий того или иного участка площади. Рекомендуется вначале пересесть заснимаемую площадь серией профилей вкрест простирания. При этом в процессе съемки создается довольно отчетливое представление об изменении разреза в различных частях площади и наиболее резко выступают ее тектонические особенности. Затем «вытягивают» пласты по простиранию между профилями и, наконец, картированием по точкам (обнажениям) дополнительно освещают наиболее слабо изученные участки. Такой комбинированный метод съемки позволяет в процессе работы сосредоточить внимание на геологически сложно построенных участках и соответственно сложности района наиболее рационально распределить точки наблюдений. Особенно это важно, когда приходится прибегать к большому количеству горных выработок.

### § 3. Структурно-геологическая съемка

Структурно-геологическая съемка — один из методов полевой геологической съемки, при которой изучение обнажений и определение их высотных отметок производится при помощи мензулы и кипрегеля с дальномером.

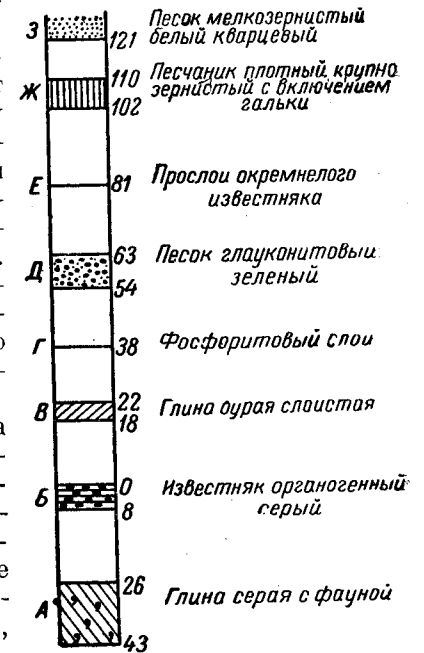
Структурная съемка имеет своей задачей составление карты, на которой помимо фиксации выходов различных пластов изображен в горизонталях рельеф одного из опорных (маркирующих) пластов или горизонтов. Преимуществом этого вида съемки является повышенная тщательность освещения тектоники, а также высокая точность всей съемки, так как местонахождение обнажений и отметки элементов залегания пластов устанавливаются только инструментально. Съемка заключается в инструментальном (при

помощи мензулы) нанесении на карту ряда точек выходов опорных (маркирующих) горизонтов и их амплитуд.

Нормальный разрез отложений, слагающих район при структурной съемке, составляют параллельно с прослеживанием маркирующих горизонтов. В отличие от нормального разреза при обычной геологической съемке здесь наряду с изучением сплошного разреза точно фиксируют маркирующие горизонты или, точнее, их контакты с другими горизонтами, причем точно определяют расстояние по вертикали между этими контактами. Каждый маркирующий горизонт нумеруется или обозначается буквой. Таким образом, нормальный разрез приобретает вид, показанный на фиг. 175. Условно выбранные отметки отдельных маркирующих горизонтов отсчитывают от какой-либо стратиграфической границы, принимаемой за нулевую.

Роль маркирующего горизонта может играть пласт, отличающийся своим литологическим составом или структурой от вмещающей толщи, например пласт известняка или мергеля в толще песчано-глинистых пород, галечник или песчаник среди песков, косослоистый песок среди горизонтально слоистых, фосфоритовый песок среди песков, фосфоритовый песок среди горизонтально слоистых, фосфоритовый или глауконитовый песчаник, окремелый известняк. Маркирующим горизонтом может служить также контакт двух резко различных по литологии толщ или контакт, вдоль которого наблюдаются прослой или линзы конгломерата, галечника, включения переотложенных пород и т. д. Свои особенности маркирующий горизонт должен выдерживать по всей площади съемки.

Наиболее точные данные получаются в условиях, когда всю съемку можно провести по одному маркирующему горизонту. Однако эти условия встречаются сравнительно редко. По одному пласту съемка возможна лишь при очень пологом залегании пластов и достаточно резком расчленении рельефа. Так, необходимо, чтобы на каждые 1000 м расстояния по падению от одного выхода пласта к другому высотные отметки их отличались при 1° падения пластов не менее чем на 17 м, при 2° — на 34 м и т. д. При падениях свыше 5° структурную съемку целесообразнее вести, измеряя элементы залегания горным компасом.



Фиг. 175. Нормальный литологический разрез (колонка) отложений с выделением маркирующих пластов (А, В, В и т. д.).

Обычно структурно-геологическая съемка ставится на площадях, где уже проводилась геологическая съемка масштаба по крайней мере 1 : 200 000. Так как одной из основных задач геологической съемки является изучение и составление сплошного разреза пород с расчленением его и выделением маркирующих горизонтов, то при структурной съемке всегда можно использовать данные геологической съемки. Благодаря этому выделение маркирующих горизонтов в разрезе, а также определение их взаимного положения может не представлять больших трудностей. Однако достаточно достоверное определение их взаимного положения удается сделать лишь после изучения всех обнажений.

Структурно-геологическую съемку применяют в условиях хорошей обнаженности пород, в открытой или слабо залесенной местности; последнее является необходимым условием для успешного применения мензулы. Работу в поле ведут двумя отрядами — топографическим и геологическим.

Топографический отряд состоит из топографа, трех-четырех рабочих и речника-коллектора из геологического отряда.

Геологический отряд состоит из геолога (начальника партии) и двух коллекторов.

#### Инструменты, применяемые при структурно-геологической съемке

Мензула представляет собой геодезический инструмент, состоящий из планшета (доски размером  $2,5 \times 60 \times 60$  см. или  $2,5 \times 40 \times 40$  см), прикрепленного к трехногому штативу (фиг. 176, а), дающий возможность получить графическое изображение местности на карте в необходимом масштабе.

Перед употреблением мензулу выверяют. Мензультный планшет должен быть устойчивым, поверхность его должна представлять плоскость и быть перпендикулярной к вертикальной оси вращения мензулы. Кипрегель (фиг. 176, б) является визирным инструментом и состоит из горизонтальной металлической линейки (опоры), к которой прикреплена вертикальная подставка для зрительной трубы, и вертикального круга (алидады), имеющего градусные деления. Перед работой поверяют отдельные части (линейку, трубу, вертикальный круг) кипрегеля.

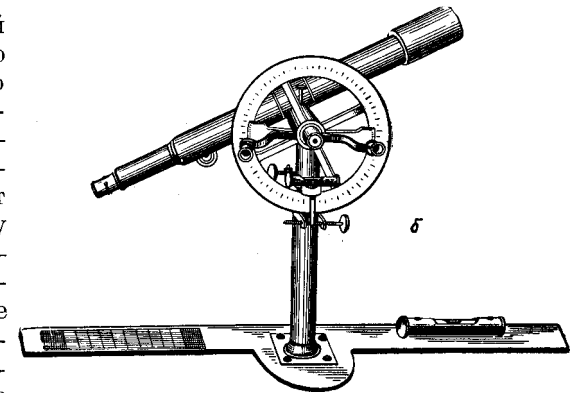
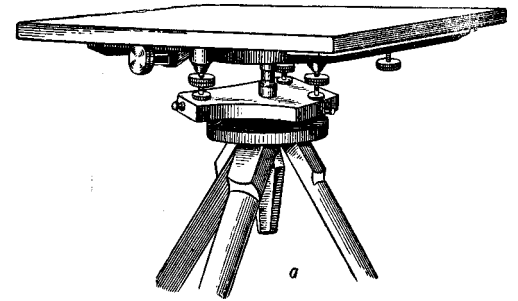
Кипрегель с дальномером дает возможность переносить на планшет взятые направления, определять расстояния и высотные отметки пунктов наблюдений. Расстояние между пунктами наблюдений определяют при помощи дальномера и рейки. Дальномером служит зрительная труба кипрегеля, в окуляре которой натянуты три горизонтальные и одна вертикальная нити.

Рейка представляет собой узкий деревянный брус до 2 м длиной с делениями через 2 см, нанесенными красной и черной краской.

Особое внимание должно быть уделено бумаге, на которой производят картирование. Для этой цели используют высококачествен-

ный сорт ватманской бумаги, поверхность которой должна быть немного шероховатой и настолько твердой, чтобы на ней могла получиться линия от твердого чертежного карандаша. Целесообразно эту бумагу несколько окрашивать в бледносерый тон для уменьшения солнечных отблесков. Листы бумаги нарезают по размерам планшетной доски мензулы и наклеивают на холст или непосредственно на ребра планшета. В последнем случае лист ватмана берут немного больше планшета, чтобы можно было его края приклеить к ребрам планшета. Ватман наклеивают намоченным, и после просушки он плотно охватывает планшет. Чтобы ватман не загрязнился при работе в поле, его покрывают чистым листом картографической бумаги, который по краям приклеивают. По мере производства съемки верхнюю бумагу постепенно вырезают. После окончания работ ватман подрезают у краев планшета и свободно снимают. В районах, где дождливые периоды продолжительны, вместо бумаги применяют целлулоидовые листы или на планшет прикрепляют цинковый или алюминиевый лист и на него наклеивают бумагу во избежание ее деформации.

Для полевой работы к планшетной доске мензулы прикрепляют несколько листов бумаги один на другой. Иногда для съемки применяют роликовый планшет, на роликах которого, прикрепленных у двух противоположных сторон мензулы, наматывается в любом направлении карта. Это дает возможность производить съемку по маршруту специального назначения (изыскания при строительстве дорог, трубопроводов, трасс нефтепроводов и др.). Листы бумаги должны быть разграфлены при помощи координатной сетки на квадраты, стороны которых параллельны краям планшета.



Фиг. 176. Геодезические инструменты, применяемые при структурно-геологической съемке.

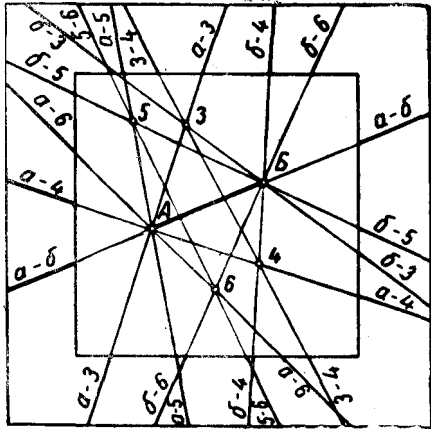
а — мензула с мензультной доской и верхней частью штатива; б — кипрегель с трубой (увеличение  $\times 40$ , объектив 40 мм, фокусное расстояние 380 мм) и одномоментным вертикальным кругом.

Один ряд этих линий отвечает направлению север—юг, другой направлению восток—запад. Кроме того, на каждом листе указано направление магнитного меридиана.

### Методика полевых работ

Полевая работа при мензульной съемке складывается из двух основных операций: 1) разбивки геометрической сети для точного определения системы опорных точек; 2) съемки подробностей рельефа.

Геометрическую сеть составляют или независимо от тригонометрической сети, или же на основе ее. Составление геометрической сети начинают с объезда и общего осмотра местности, после чего на базе имеющейся топографической карты составляют схему размещения опорных точек геометрической сети. Точки размещают таким путем, чтобы они составляли примерно равносторонние треугольники и чтобы на местности с каждой точки можно было видеть возможно большее количество других точек.



Фиг. 177. Нанесение на планшет базиса  $AB$  съемки и точек геометрической сети.

Базис размещают по возможности на середине снимаемого участка. Для нанесения точек геометрической сети на планшет переносят линию базиса  $AB$  (фиг. 177). Для этого на планшет, ориентированный по странам света, накалывают первую точку базиса  $A$ , над которой стоит мензула, и кипрегелем визируют вторую точку  $B$  (веху) базиса. По линейке кипрегеля прочерчивают направление базиса  $AB$ ; длину его откладывают по масштабу и отмечают на планшете вторую точку базиса  $B$ . Далее также через точку  $A$  прочерчивают направление на ближайшие видимые вехи  $3, 4, 5$  и  $6$ .

Направления прочерчивают карандашом вдоль всей длины линейки и за рамкой (на верхней картографической бумаге) подписывают две буквы или цифры точек, через которые проходит данное направление ( $a-b, a-3, a-4, a-5$  и т. д.).

Далее с мензулой переходят на веху  $B$ , устанавливают мензулу над точкой  $B$  и отсюда визируют вехи, на которые только что визировали с точки  $A$ , т. е. на  $3, 4, 5$  и  $6$ . Благодаря этому точки  $3,$

$4, 5$  и  $6$  получаются на планшете в пересечении двух направлений каждая, например,  $a-3$  и  $b-3$ . Положение точек  $3, 4, 5$  и  $6$ , однако, показывается на планшете лишь после пересечения не двух, а трех направлений, например для точки  $3$  направлений  $3-4, b-3$  и  $a-3$ .

По окончании составления геометрической сети и всех необходимых вычислений производят съемку подробностей рельефа. Последняя операция заключается в съемке структурных точек, т. е. нанесении на планшет обнажений с маркирующими пластами и определением высотных отметок последних.

Топограф разбивает на местности и переносит на планшет геометрическую сеть и по указанию геолога наносит на карту обнажения, вычисляя высотные отметки маркирующих горизонтов. Дальнейшая работа топографа заключается в установке мензулы на точке наблюдения и выполнении соответствующих операций. К ним относятся: а) центрирование планшета, т. е. установка его таким образом, чтобы точка на карте отвечала точке наблюдения на местности; б) приведение планшета в горизонтальное положение; для этого используют уровень на линейке; помещая последний в средней части планшета, при помощи уравнивательных винтов планшетную доску мензулы приводят в горизонтальное положение; в) ориентирование планшета, т. е. приведение мензулы в такое положение, при котором вычерченные на ней линии параллельны или совпадают с соответствующими линиями местности, а границы планшета ориентированы по магнитному меридиану; г) определение горизонтальных расстояний от точки стояния мензулы до точки наблюдения — структурных точек, используя для этого мерную ленту или нити дальномера кипрегеля; д) определение положения точки (см. фиг. 143); е) определение относительных превышений и высотных отметок. Если планшетную съемку производят с небольшим планшетом и с открытой визирной линейкой, относительное превышение отдельных точек может быть определено при помощи анероида; если же при съемке пользуются кипрегелем и дальномером, то высотные отметки отдельных точек могут быть получены с большей степенью точности.

Вертикальное положение пункта  $B$  может быть найдено также путем измерения вертикального угла, образуемого наклонной линией визирования из точки  $A$  с горизонтальной плоскостью (фиг. 178).

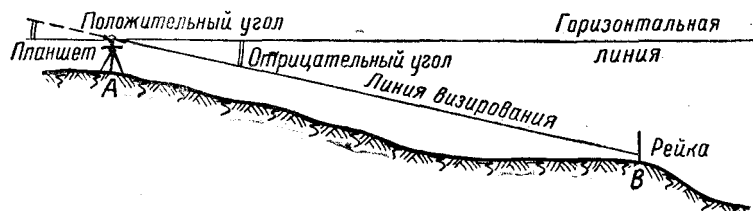
Алидаду помещаем по линии  $AB$ , устанавливаем горизонтальную поперечную нить трубы на основании рейки и производим отсчет по вертикальному кругу. Приводим трубу кипрегеля в горизонтальное положение, берем новый отсчет. Путем вычитания определяем угол, составляемый линией визирования с горизонтальной плоскостью, причем этот угол положителен, если он расположен сверху от горизонтальной линии, и отрицателен, если он расположен снизу от той же линии.

Превышение одного пункта над другим может быть определено при помощи специальных таблиц по замеренному вертикальному углу.

По высотным отметкам отдельных точек может быть выражен рельеф в горизонталях.

Геолог, начиная свою полевую работу, первоначально производит рекогносцировку всего района в целом по местам возможного развития обнажений; тщательно описывает наиболее крупные обнажения, что дает материал для составления нормального разреза. После рекогносцировки приступает к изучению всех обнажений в районе.

Выбрав место для прибора, геолог идет с рейкой и ставит ее через некоторые интервалы на места выходов маркирующего горизонта, причем он стремится проследить один за другим (по оче-



Фиг. 178. Определение превышения точек наблюдения при структурной съемке.

реди) обнажающиеся контакты. При определении места выхода контакта на поверхность геолог руководствуется обычными приемами, изложенными выше при описании обыкновенной геологической съемки. Каждую точку стояния рейки топограф фиксирует кипрегелем на планшете и нумерует; геолог же в своей записной книжке отмечает, какой из контактов обнажается в каждой из этих точек.

При изучении обнажения маркирующего горизонта геолог уходит от инструмента на расстояние 0,5—1,0 км, затем возвращается и в журнал наблюдений (табл. 20), который ведет его помощник, вписывает против каждой точки свои наблюдения.

Количество наблюдений на единице поверхности зависит от сложности тектоники. При спокойном моноклиальном залегании количество наблюдений может ограничиваться единицами. В других случаях их следует увеличивать до десятков на квадратный километр.

Таблица 20

Форма журнала наблюдений

Точка стояния	Расстояние между точками, измеренное и истинное, м	Вертикальный угол	Отсчет по рейке, м	Разница высот точек, м	Высота точки стояния мензулы, м	Абсолютная отметка точки, м	Пласт	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В графе 1 обозначают точки стояния, переходные и речные точки, которые отличаются какими-нибудь условными обозначениями (например, первые треугольниками, вторые кружками).

В графе 2 указывают расстояние между точками. Поправка на наклонность линии визирования при углах наклона этой линии менее 6° не требуется; если приходится вводить поправку, то исправленное расстояние подписывают под измеренным.

В графу 3 вписывают вертикальные углы с плюсами или минусами в зависимости от того, направлены линии визирования вверх или вниз относительно точки стояния.

В графу 4 вписывают отсчет по рейке. Иногда целесообразно применять два столбца — для отсчетов вперед и назад.

В графе 5 указывают вычисленную разницу высот стояния структурных точек.

В графе 6 отмечают высоту точки стояния мензулы; так как она входит во все вычисления, удобно выделять ее в особый столбец.

В графе 7 указывают вычисленные абсолютные высоты структурных точек.

В графе 8 обозначают номер пласта, на котором взята структурная точка. Считают, что обозначение пластов номерами удобнее, чем буквами или названиями. При применении номеров их всегда можно дробить (например, если нужно обозначить новый пласт между 10 и 11, то его можно назвать 10<sup>1/2</sup>). Номера всегда указывают взаимное положение пластов.

Графу 9 оставляют для примечаний, где геолог ведет очень краткие заметки о мощности и характере пластов, о расстоянии между ними и т. д.

Обработка материалов структурной съемки в основном сводится к определению отметок точек контакта, который выбран из всех маркирующих как базисный и по которому намечается построение структурной карты.

Полевые материалы структурно-геологической съемки обрабатывают предварительно в течение полевого периода и окончательно в камеральный период. Полевая обработка материалов складывается из систематической обработки дневных наблюдений в вечернее время и периодического обобщения группы наблюдений.

Вечерняя работа состоит главным образом в перенесении результатов наблюдений из записной книжки на карту, т. е. в нанесении элементов залегания, условных индексов маркирующих горизонтов, возрастных индексов обнажений, а также в заполнении каталога отметок опорных горизонтов.

Каталог рекомендуется вести по форме, приведенной в табл. 21.

Таблица 21

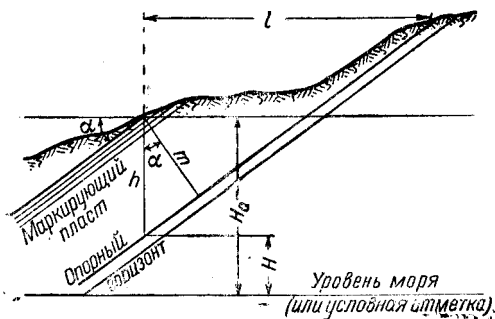
Форма каталога отметок опорных горизонтов

№ обнажения (шурфа, скважины)	№ структурной точки	Возраст пород	Индекс маркирующего горизонта или наименования пород	Абсолютная отметка маркирующего горизонта или обнажения	Абсолютная отметка основного маркирующего горизонта	№ и страница записной книжки
1	2	3	4	5	6	7

Полностью все графы каталога заполняются лишь после камеральной обработки материалов. В течение полевого периода заполняются графы 1, 2, 4, 5, 7.

Если обнажение не представляет структурной точки, в графе 4 указывают по возможности наиболее точно положение обнажающихся пород в разрезе, что дает возможность в дальнейшем примерно определить отметку маркирующего горизонта в пункте обнажения. Последнее иногда помогает в расшифровке сложных участков структуры, особенно в тех местах, где по условиям обнаженности не хватает структурных точек для протягивания изогипс.

При съемке с применением буровых скважин и шурфов по мере проходки составляются их литологические разрезы с выделением



Фиг. 179. Определение высотных отметок границ маркирующего пласта при составлении структурной карты по основному опорному горизонту.

маркирующих пластов или горизонтов.

Если съемку ведут по нескольким маркирующим горизонтам, необходимо пересчитать глубины всех горизонтов по структурным точкам (обнажениям) на один основной, по которому будут строить структурную карту. Для этого надо определить взаимное положение всех этих маркирующих горизонтов в вертикальном разрезе (колонке мощности) и последовательность их залегания.

Простейший способ пересчета — прибавление или вычитание мощности отложений до опорного слоя или горизонта, что можно производить при горизонтальном или близком к горизонтальному залеганию слоев.

Для этого можно пользоваться (фиг. 179) простейшей формулой

$$h = \frac{m}{\cos \alpha},$$

где  $h$  — мощность по вертикали;  
 $m$  — истинная мощность свиты пластов, залегающих между поверхностями (кровлей или подошвой) маркирующего и опорного горизонтов;  
 $\alpha$  — угол падения пластов.

Из приведенного чертежа также следует, что

$$H = H_a - h,$$

где  $H$  — отметка основного (опорного) горизонта;  
 $H_a$  — отметка выхода прослеживаемого — маркирующего горизонта над уровнем моря.

Применение этой формулы возможно когда известна истинная мощность  $m$  свиты от маркирующего горизонта до опорного и угол падения пластов постоянен.

При измерении мощности  $m$  между двумя такими пластами, наблюдаемыми в обнажениях, расположенных по косому сечению (т. е. не вкострости), непременно надо учитывать измеренный угол наклона пласта  $\beta$ .

Горизонтальное продолжение между точками  $A$  и  $B$ , обозначаемое  $l$ , определяют по формуле  $l = AB \cos \beta_1$ , где  $\beta_1$  является углом наклона рельефа местности.

Таблица 22

Зависимость кажущейся мощности от угла падения

Угол падения, градусы	Отклонение видимой мощности от истинной, %
5	0,4
10	1,8
15	3,2
20	6,0
25	9,4
30	13,4

Отклонение кажущейся мощности, измеренной по вертикали  $h$  от истинной  $m$ , находится в прямой зависимости от угла наклона (табл. 22).

Сопоставление данных, приведенных выше, для различных углов падения с точностью определения мощностей свит позволяет пренебрегать отклонениями от истинной мощности, если это отклонение не превышает предполагаемой точности замера мощности свиты или в случае ее непостоянства.

Такие способы пересчета значительно упрощают обработку полевых данных при структурно-геологической съемке.

Мощность отложений, заключенных между двумя маркирующими горизонтами, рекомендуется определять несколько раз, причем в наиболее выгодных условиях. Из полученных нескольких величин вычисляют среднее.

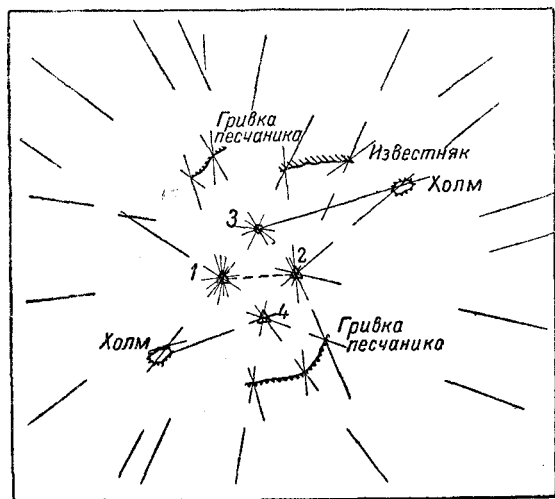
Высотные отметки структурных точек обнажений основного горизонта, по которому строят структурную карту, определяют непосредственно в поле. В тех же точках, где этот слой не обнажается, его амплитуду приходится определять по амплитуде обнажающегося контакта и расстоянию между базисным горизонтом и обнажающимся контактом.

После обработки полевых материалов для всех точек наблюдения получают альтитуды базисного горизонта, по которым строят структурную карту базисного горизонта. Методы этого построения аналогичны построению горизонталей топографического рельефа. Однако следует помнить, что построение структурной карты не является чисто геометрической задачей. Необходимо учитывать геологическое строение района и все наблюдения, которые произведены геологом в поле. Наиболее удобно строить структурную карту в том случае, если съемка велась методом профилирования, тогда построение структурной карты производят способом, описанным в главе V.

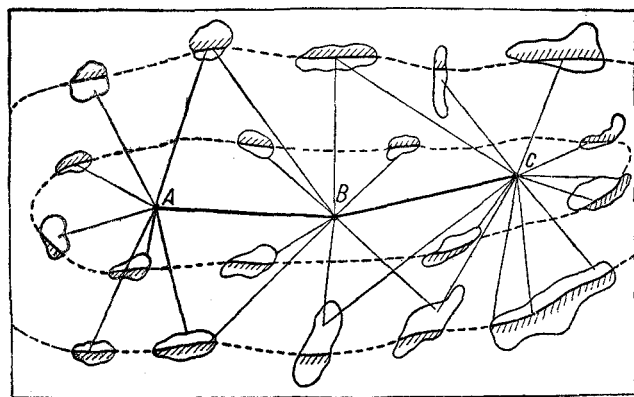
Такое построение структурной карты практически возможно

после нанесения на карту 10—15 структурных точек (фиг. 180). Если съемку вели по одному горизонту, структурную карту возможно и необходимо строить непосредственно в поле, так как в этом случае не требуется вести какие-либо пересчеты, а лишь чисто графическое построение. Если же съемку вели по нескольким маркирующим горизонтам (наиболее часто встречающийся случай), то необходимо произвести пересчеты высотных отметок всех пластов на один пласт, поэтому построение карты приходится переносить на камеральный период.

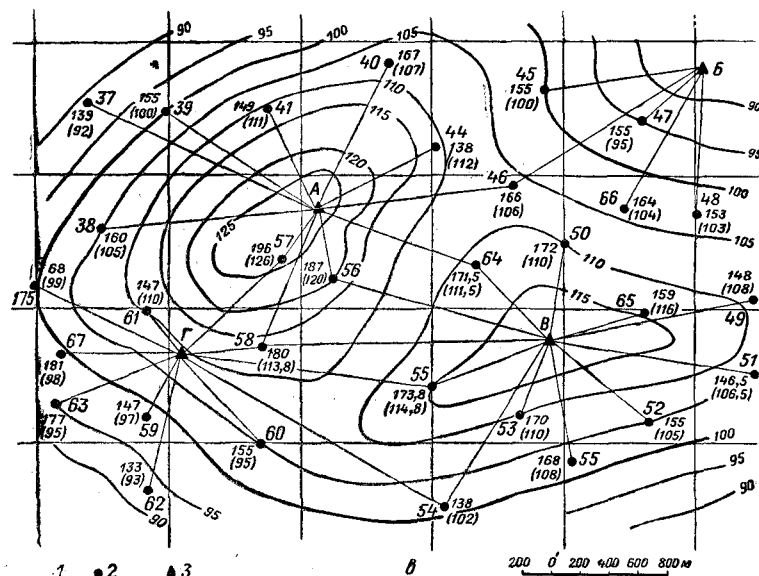
Однако во всех случаях необходимо стремиться строить структурные карты в поле, хотя бы схематические, так как они дают возможность правильно направлять работу, облегчая поиски обнажений, размещение горных выработок и т. д. Составляемая в ко-



а



б



Фиг. 180. Нанесение точек наблюдений и обозначение их на планшете при структурной съемке.

1 — планшет в стадии нанесения точек наблюдений; 1, 2, 3, 4 — точки стояния мензулы; б — планшет с нанесенными обнажениями маркирующихся пластов и точками стояния мензулы (А, В, С); е — структурная карта; 1 — стратозигопсы; 2 — обнажения с обозначением номера; 3 — точки стояния инструмента. Цифры у точек обозначают отметки опорного горизонта, а в скобках абсолютную отметку, исходную для построения структурной карты.

нечном итоге карта должна быть настолько полна, чтобы всякие комментарии к ней по существу являлись излишними. Карта должна давать законченную геологическую картину (фиг. 180, в).

При изучении пространственного положения складок особое внимание должно быть обращено на взаимосвязь слоев, образующих эти складки. Известно, например, что простирание слоев внутри одной и той же складки все время азимутально меняется и амплитуда может изменяться (от 0 до 360°). Простирание слоев является параллельным простиранию складки только в местах горизонтального положения ее шарнира; оно становится перпендикулярным ему на месте прохождения изгибающегося шарнира. Отсюда следует, что простирания, взятые на отдельных обнажениях, только в исключительных случаях могут совпадать с простиранием складок, поэтому не могут непосредственно определять его. Надо помнить, что простирание слоев внутри складок будет описывать кривые, на основании которых устанавливают простирание складок.

Таким образом, в процессе картирования нужно помнить, что всякое обнажение в зависимости от того, в какой части складки оно находится, будет иметь свое простирание. Широко применяя при картировании графические методы построения выхода границ



слоя (или слоев) на поверхность, надо учитывать, что простираание слоев не остается постоянным и изменяет свое пространственное положение на больших или меньших расстояниях.

Поэтому геометрические построения без учета геологических условий могут усложнить составление структурной или геологической карты. В этом отношении особый интерес представляют простираания, перпендикулярные простираанию складчатости, наблюдаемые на замыкании контура (*периклинали* или *центриклинали* складки). Эти замеры дают падение шарнира (погружение или воздымание его), что очень важно для суждения об общей картине складчатости.

Отсюда видно, что основным моментом картирования является прослеживание контуров слоев внутри складок. В условиях достаточной обнаженности можно проследить данный контур в непрерывном обнажении, используя метод картирования по простираанию слоев. Однако чаще наблюдаются случаи, когда в данном контуре имеют место только отдельные изолированные обнажения. Комбинируя эти отдельные обнажения по данным их замеров в соответствии с различным стратиграфическим положением на основе графических построений (выход слоя и др.), можно не только установить контур складки, но и определить положение ее шарнира. Одновременно этим путем выявляют и простираание линии складки.

Для изображения структурных форм наиболее целесообразно использование съемки методом изолиний простираания или стратоизогипс (изострат).

Последний состоит в нанесении на карту изолиний простираания, вытянутых по простираанию параллельно основным границам (подошве и кровле) слоев или свит.

Этот метод в известной степени напоминает структурную съемку с той лишь разницей, что при структурной съемке составляют структурную карту по одной плоскости (кровле или подошве) маркирующего опорного пласта или горизонта, а при съемке методом стратоизогипс на геологическую карту наносят изолинии целого ряда пластов или горизонтов.

Практически это производят так.

По выбранным маркирующим пластам или свитам, мощность которых достигает значительных величин (порядка 50—100 м) и определена при проведении рекогносцировочных предварительных маршрутов, выделяют ряд условных интервалов (через 10—20 м в зависимости от масштаба) в направлении от подошвы к кровле. Эти интервалы должны соответствовать изолиниям данного пласта или свиты. Затем в полевых условиях наносят на карту обнажение с выходом границ маркирующего пласта или свиты и, поставив на ней значок элементов залегания, последовательно прочерчивают изолинии от подошвы к кровле параллельно линии замеренного простираания. Здесь же в поле или в тот же день вечером при обработке фактического материала производится интерполяция по таким отдельным пластам или свитам, отмеченным в обнажениях путем протягивания их по простираанию (непосредственно

наблюдаемому или параллельно простираанию соседних обнажений). Последовательно расширяя площадь изучения, соединяют отдельные замеры элементов залегания в стройную систему изолиний мощностей или изострат. Таких изолиний может быть одна или несколько в зависимости от мощности слоя и масштаба съемки.

Изолинии характеризуют собой весь складчатый комплекс района в целом, отражая его пространственное расположение по простираанию и вкrest простираания слоев. Подчеркивая связь их со слоями, эти линии называют и з о с т р а т а м и.

Для структурного картирования методом изострат надо иметь хорошую топографическую основу масштаба 1 : 25 000 или 1 : 50 000. Практически пригодна любая надежная топографическая основа, позволяющая достаточно точно наносить на нее точки полевых наблюдений.

Этот метод требует большого количества таких точек при массовых замерах элементов залегания отдельных горизонтов и слоев, причем ни один замер никогда не может быть лишним.

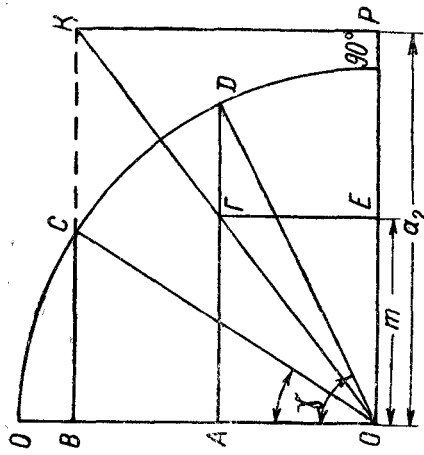
При проведении изолиний необходимо учитывать угол падения пластов и рельеф местности. Углы падения пластов имеют свое отражение в ширине полос между изолиниями. При наличии в толще маркирующих горизонтов, отчетливо выраженных литологически, изолинии проводят без затруднения согласно выходу этих горизонтов на дневную поверхность. В случае же их отсутствия для облегчения проведения изолиний следует применять масштаб заложения, т. е. график ширины между изолиниями, в зависимости от угла падения пластов (фиг. 181, а).

Построение такого графика осуществляется на основе взаимосвязей горизонтального расстояния между точками в плане, называемого заложением, и углом наклона местности.

Шкалу заложения (или масштаб заложения) строят так: на горизонтальной линии откладывают произвольные, но равные между собой отрезки и из отмеченных точек восстанавливают перпендикуляры. На перпендикулярах в масштабе топографической карты наносят вычисленные (по формуле  $d = h \operatorname{ctg} \beta$ ) заложения. Соединив концы этих перпендикуляров кривой и подписав у подошвы их числа градусов, которым они соответствуют, получим шкалу заложения.

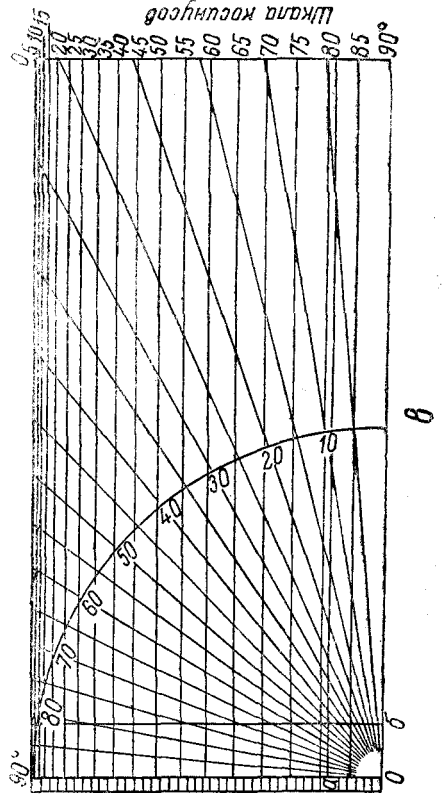
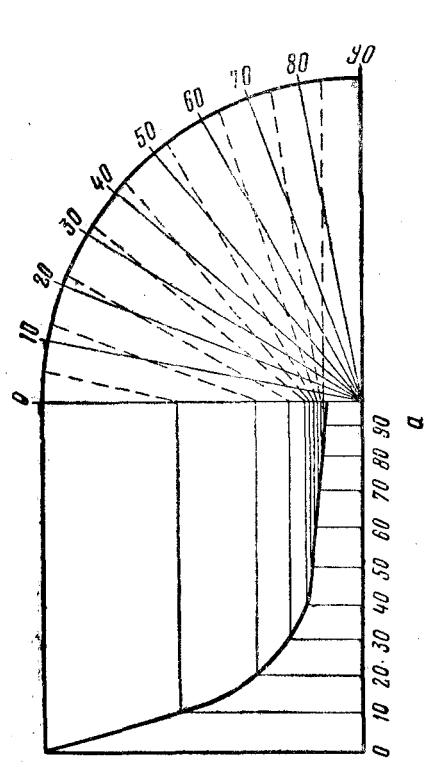
Масштаб заложения в таком графике берут соответственно масштабу карты. Для карты масштаба 1 : 50 000 достаточно взять сечение по мощности в 8 мм, что составит 100 м на местности. Таким образом, для участков толщи падения слоев расстояния между изолиниями будут различны, как это видно на графике внизу справа.

Пунктирные линии в квадранте слева, сдвинутые несколько вверх от градусных обозначений, изображают углы падения пласта от 90 до 10°, образуемые соответствующими линиями на шкале заложения. Их положение на образующей дуги квадранта определяется путем построения угла падения (равного 10°, 20°, 30° и т. д.) на линии DE при пересечении с соответствующими горизонталями рельефа. Расстояния между изолиниями (стратоизогип-



Фиг. 181. Масштаб заложения структурных изолиний.

а — график зависимости расстояний между изолиниями от угла падения слоев; б — принцип построения номограммы; в — номограмма для определения горизонтального проложения видимой мощности слоев.



сами) будут увеличиваться с уменьшением углов падения и, наоборот, уменьшаться с увеличением последних. Практически, как это видно из диаграммы, расстояния между изолиниями для углов от 60 до 90° почти одинаковы. Поэтому проведение изолиний для участков толщи с колебаниями углов падений в указанных пределах не представляет затруднения. То же можно сказать для углов падения в интервале от 60 до 40°. Но при меньших углах падения разница в ширине полос между изолиниями уже становится значительной и с ней приходится считаться. При не одинаковых углах наклона пластов в плане наблюдаются схождение и расхождение изолиний, показывающих также и различную крутизну падения крыльев складок. Круто падающие слои, в частности падающие вертикально, легче поддаются структурному картированию, так как линия пересечения таких слоев в дневной поверхности от рельефа почти не зависит. Однако при пологом падении слоев рельеф местности значительно влияет на конфигурацию линии выхода пласта, и это обстоятельство необходимо учитывать при проведении изолиний.

Разрешая эти задачи при структурном геологическом картировании, необходимо также принимать во внимание величину угла магнитного склонения для данной местности.

Положение изострат определяется элементами залегания и рельефом местности. В зависимости от рельефа местности, угла падения и мощности слоя меняется и видимая мощность, или ширина между изостратами. Следовательно, выразив эту зависимость математически, последнюю можно изобразить графически — изостратами.

На геологической карте все расстояния, а также видимую мощность слоя наносят в горизонтальных проложениях.

Если мощность слоя  $m$ , угол падения  $\alpha$ , угол наклона местности по линии падения пласта  $\beta$ , то горизонтальное проложение видимой мощности слоя  $a_2$  (см. фиг. 59) будет находиться с ними в следующей зависимости.

1. Когда слой вертикален, то при любом наклоне местности

$$a_2 = m.$$

2. Когда слой горизонтален, а поверхность земли наклонная, то

$$a_2 = \frac{m}{\text{tg } \beta}.$$

3. Когда поверхность земли горизонтальна, а слой наклонен, то

$$a_2 = \frac{m}{\sin \alpha}.$$

Когда слой и рельеф наклонены, то

$$a_2 = \frac{m \cos \beta}{\cos (90 \pm \alpha \pm \beta)}.$$

Отсюда уравнения типа  $a_2 = \frac{m \cos \beta}{\cos(90 \pm \alpha \pm \beta)}$  удобно решаются посредством номограммы, принцип построения которой указан на фиг. 181, б. В четверти окружности взяты два угла  $\beta$  и  $\gamma$ , причём  $\gamma$  есть вычисленный угол из выражения  $90 \pm \alpha \pm \beta$ . Таким образом

$$\cos \beta = \frac{OB}{OC}; \quad \cos \gamma = \frac{OA}{OD}.$$

На горизонтальном радиусе отложен отрезок  $OE = m$  и в точке  $E$  к нему восстановлен перпендикуляр до пересечения с  $AD$ . Через точку  $G$  и  $O$  проведена прямая линия до пересечения с продолжением линии  $BC$ . Из полученной таким образом точки  $K$  опущен перпендикуляр на горизонтальный радиус. Отрезок  $OP$  будет соответствовать

$$a_2 = \frac{\cos \beta}{\cos(90 \pm \alpha \pm \beta)}.$$

В самом деле,

$$\frac{a_2}{m} = \frac{KP}{GE} = \frac{OB}{OA} = \frac{\cos \beta}{\cos \gamma},$$

откуда

$$a_2 = \frac{m \cos \beta}{\cos \gamma} \quad \text{или} \quad a_2 = \frac{m \cos \beta}{\cos(90 \pm \alpha \pm \beta)}.$$

Построение номограммы сводится к следующему. Строится прямоугольник с отношением сторон 1 : 2 (фиг. 181, в). Из левого нижнего угла описывают окружность радиусом, равным короткой стороне прямоугольника. Окружность делят радиальными линиями на дуги (допустим в  $5^\circ$ ). Через точки пересечения окружности с радиальными линиями проводят линии, параллельные длинной стороне прямоугольника. Их обозначают соответствующими градусами сверху вниз от 0 до 90 и получают шкалу косинусов. Избранную мощность слоя пород откладывают в масштабе геологической карты на длинной стороне прямоугольника от точки  $O$  вправо.

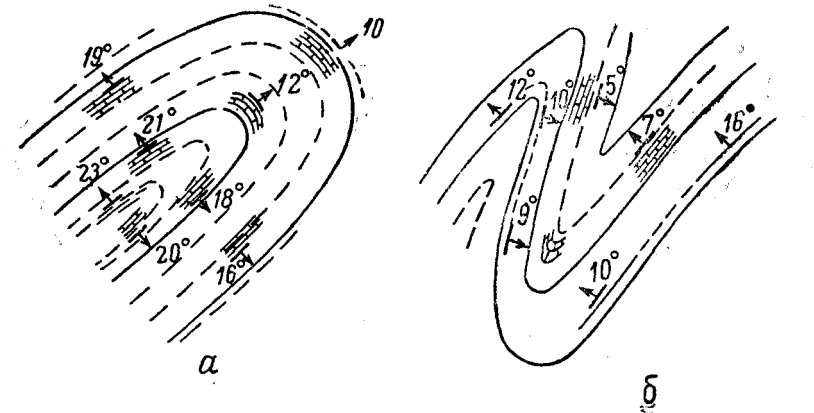
В полученной точке  $b$  восстанавливают перпендикуляр к длинной стороне прямоугольника. Через пересечения этой прямой с линиями шкалы проводят радиальные лучи. Далее величину мощности откладывают вверх от точки  $O$ ; из полученной точки  $a$  проводят линию, параллельную длинной стороне прямоугольника.

Наконец, слева на короткой стороне прямоугольника наносят шкалу линейных величин (допустим миллиметровую) и градусы по кругу против часовой стрелки (через каждые  $5^\circ$ ).

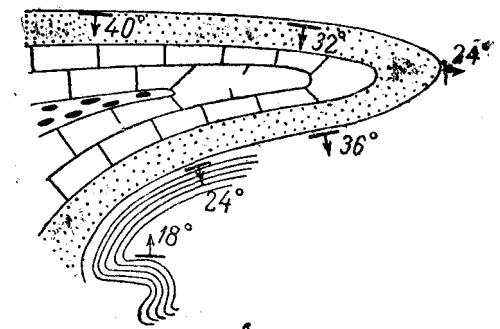
Построенная таким образом номограмма готова для графического определения горизонтального положения видимой мощности, или ширины между изостратами.

Способ изолиний позволяет построить на геологической карте складки пластов — антиклинали и синклинали — и наглядно по-

казать их форму и направление. Так, складки с пологими крыльями выразятся в плане в виде широких линз с тупыми закругленными периклинальными окончаниями (фиг. 182, а). Слои же, собранные в крутые складки, на карте получают вид узких линз с острыми периклинальными окончаниями (фиг. 182, б). Конечные замыкания слоев представляют наибольший интерес и значение для расшифровки структуры складчатого комплекса, так как они указы-



Фиг. 182. Изображение на геологической карте способом изолиний периклинального окончания складки. а — с пологими крыльями; б — с крутыми крыльями; в — изображение опрокинутой складки в плане.



вают на погружение шарнира складки. Средняя часть складки дает в плане лишь более или менее параллельные линии, расстояния между которыми будут зависеть от величины углов падения крыльев складки. (Принцип построения выходов пласта см. в главах IV и V). Окончание такой складки характеризуется разреженными изолиниями полого падающего крыла и сгущенными круто падающего.

Брахискладки в плане получают вид эллипсов, в которых стрелки азимутов падения располагаются радиально. В случае

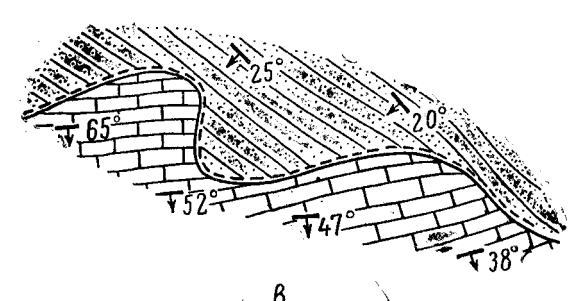
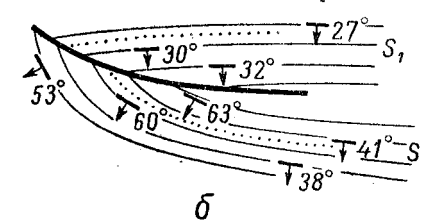
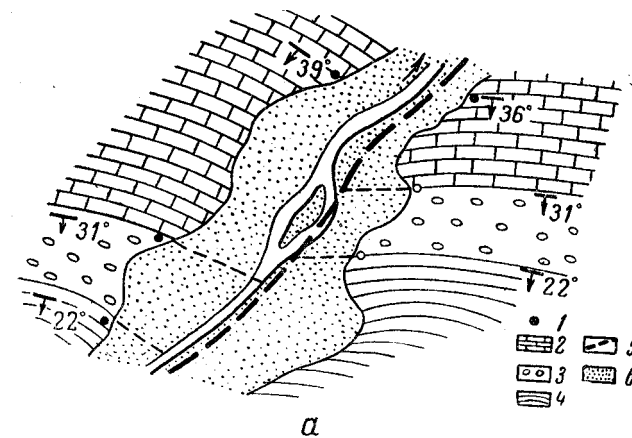
брахиантиклинали они обращены во внешнюю сторону от контура складки, а в случае брахисинклинали во внутреннюю. Следует еще остановиться на проявлении в горизонтальной плоскости опрокинутой складки. Изолинии такой складки будут иметь стрелки падений, ориентированные в одну сторону. При замыкающихся изолиниях правильно классифицировать опрокинутую складку затруднения не представляет. Но если наблюдается только средняя часть складки, то ее можно легко принять за участок моноклинально падающей толщи. В этом случае лишь стратиграфический и литологический анализ слоев внутри складки даст истинное представление об ее природе. Опрокинутая складка изображена на фиг. 182, в.

Обнажения, показывающие непосредственно в разрезе характер взаимосвязи двух или нескольких свит, наблюдаются сравнительно редко. Поэтому вопрос о взаимосвязи свит часто приходится решать исключительно в горизонтальном плане. В этих условиях съемка методом изолиний становится единственным средством расшифровки залегания выделенных свит.

Линия контакта между различными толщами обычно не зависит от проставленных на карте значков залегания. Ее следует наносить при отсутствии наблюдаемых контактов исключительно путем интерполяции между близрасположенными обнажениями этих различных свит. Исключение представляет нормальный стратиграфический контакт, в случае которого изолинии обеих свит будут расположены согласно друг другу и согласно линии контакта. Если же при общем согласном расположении изолиний в обеих свитах линия контакта будет проходить не параллельно последним, то это обстоятельство укажет на скрытое несогласие или тектоническую границу между свитами.

Метод картирования изолиниями открывает, кроме того, перед исследователем большие возможности в отношении выявления и правильного понимания различного рода разрывных нарушений. В результате проведения изолиний некоторые участки картируемых толщ оказываются отличными в структурном отношении. Резко несогласующиеся направления изолиний разбивают таким образом район на структурно различные блоки (фиг. 183, а). При отсутствии в данном месте явлений трансгрессивного налегания и при невозможности построения складок такие несогласующиеся направления изолиний указывают на разрывной характер контакта между этими блоками. Как известно, зоны разрывных нарушений представляют места, подверженные интенсивному воздействию денудационных процессов. Вследствие этого они в условиях умеренного климата чаще всего бывают замаскированными проходящими по ним оврагами и балками; последние обычно не позволяют непосредственно установить наличие и характер нарушения. Поэтому только несогласующиеся структуры двух блоков, выявленные посредством изолиний, дают возможность установить и охарактеризовать, а также проследить по простиранию нарушение, не видя его непосредственно в обнажении.

Пример установления наличия разрывного нарушения дан на фиг. 183, б. Здесь показан сброс, установленный несовпадением изолиний горизонта конгломерата силлурийской толщи  $S_1$  при обнаружении его на обоих склонах долины реки. В этом случае остается невыясненным вопрос направления и угла падения сбрасывателя,



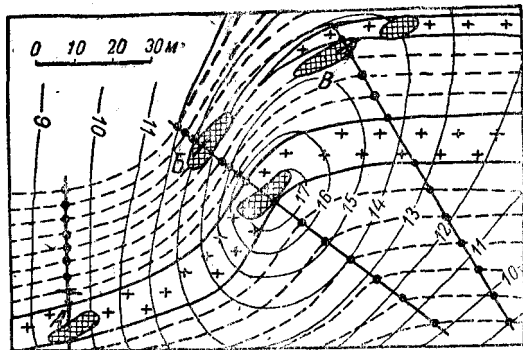
Фиг. 183. Примеры геологических карт.

а — геологическая карта, на которой прослежен сброс, установленный несовпадением изолиний толщи конгломерата; 1 — обнажения; 2 — известняки; 3 — конгломераты; 4 — глинистые сланцы; 5 — разрывные нарушения (сбросы); 6 — аллювиальные отложения; б — разрывное нарушение в плане, установленное в однородной толще, на основании анализа изолиний; в — разрывное нарушение в плане, установленное по резкому расхождению изолиний в двух толщах отложений.

каковой, вообще говоря, может быть разрешен лишь при региональном изучении данного участка. Аналогичным образом устанавливают нарушения взбросового и надвигового порядка. При обычной детальной геологической съемке выделяемых на геологической карте толщ установление разрывов в пределах контуров одной толщи, особенно при ее литологическом однообразии, пред-

ставляется делом довольно трудным. При помощи же изолиний нарушения в подобных толщах можно легко выявить и проследить по простиранию.

Еще легче выявляются нарушения типа надвига или шарьяжа, проходящие между двумя разновозрастными и литологически разнородными свитами. Резкое расхождение в направлении изолиний, большие отличия в углах падения, а главное, изогнутая линия контакта, срезающая изолинии той и другой свиты, с несомненностью указывают на надвиговый характер линии контакта. Этот тип нарушения иллюстрируется фиг. 183, в. Линию надвига



Фиг. 184. Построение структурной геологической карты методом изострат.

1 — обнажения метаморфических пород; 2 — жилы пегматита; 3 — изостраты метаморфических пород; 4 — горизонтали рельефа.

геологических структур можно привести неограниченное количество, но и этого достаточно для его характеристики. Однако, кроме выяснения структур, метод изолиний оказывает большую помощь в деле составления нормального разреза в областях с неизвестной стратиграфией. Путем проведения изолиний и выделения отдельных горизонтов по литологическому признаку появляется возможность установить определенную зависимость в чередовании горизонтов и в соединении с палеонтологическими находками в итоге дать стратиграфическую колонку.

Кроме того, проследивание пород при помощи изолиний по простиранию в пределах одной толщи позволяет установить их фациальную изменчивость.

Разберем пример построения структурной карты, применяя номограмму (см. фиг. 181, в) для определения горизонтального проложения видимой мощности пласта.

На фиг. 184 представлена карта в горизонталях с несколькими обнажениями, из которых в трех произведены замеры элементов залегания. В пункте *A* рельеф горизонтален, в пункте *B* наклон рельефа обращен против падения пород, в пункте *B* рельеф горизонтален, а затем наклонен в направ-

лении падения пород. Работа с номограммой сводится к графическому решению формул

$$a_1 = \frac{m}{\sin \alpha} \text{ и } a_2 = \frac{m \cos \beta}{\cos(90 \pm \alpha \pm \beta)}$$

Для решения первой формулы (случай, когда местность по линии падения пород горизонтальная) из точки *a* на номограмме двигаемся по горизонтали до пересечения с радиальной линией, соответствующей углу  $\alpha$ . Циркулем берем расстояние от точки пересечения этих линий до точки *O*. Это и будет искомое  $a_1$ . Далее на карте делим линию падения пород в пункте *A* на отрезки, равные  $a_1$ , соответствующие ширине между будущими изостратами по линии падения.

Для решения второй формулы, когда падение пород происходит в противоположном рельефу направлении, сначала определяем угол  $\beta$ . Для этого линию, отвечающую направлению падения пород, разбиваем на участки с равными склонами. В нашем случае достаточно разделить линии падения пород в пунктах *B* и *B* на два участка каждую. Измеряем длину линии какого-либо участка и делим на количество горизонталей, приходящихся на участок; получаем среднее расстояние между последними. Это среднее расстояние откладываем циркулем на номограмме по горизонтали от точки *O* вправо.

Не изменяя раствора циркуля, поднимаемся по арифметической шкале до точки, соответствующей высоте между горизонталями (в масштабе карты), держа все время раствор циркуля параллельно горизонтальной линии. Угол правой ножки циркуля укажет угол склона местности, читающейся по кругу.

Далее из точки *b* поднимаемся по вертикали до пересечения с горизонтальной линией, соответствующей вычисленному углу в градусах из выражения  $90 \pm \alpha \pm \beta$ . Опускаемся или поднимаемся от найденной точки по радиальной линии до пересечения с горизонталью, соответствующей углу  $\beta$ . Замеряем горизонтальное расстояние от найденной точки влево до вертикальной линии  $0 - 90^\circ$ . Это и будет искомое  $a_2$ .

Таким образом, для всех пунктов по линиям падения на каждом участке склона откладываем свое значение  $a_2$ .

Распространяя сферы влияния каждого замера на прилегающую к ним площадь, через полученные точки на линиях падения проводим изостраты по правилу нанесения выхода плоскости слоя на земную поверхность. Смыкание изострат (соседних двух замеров) производим интерполированием с учетом влияния обоих замеров на конфигурацию линий.

Во избежание неправильного смыкания изострат необходимо учитывать геологическую обстановку участка. Ошибки невозможны, когда имеется несколько пунктов, определяющих границы (контакты) пород. Но и в сильно задренованных местах добросовестное изучение и многочисленные замеры элементов залегания гарантируют полный успех правильной расфировки структуры участка.

Излагая основные принципы построения структурных геологических карт, допускаем для упрощения, что мощность одного и того же слоя пород во всех частях складки одинакова. В зависимости от характера складчатости и свойств породы иногда наблюдается уменьшение или увеличение мощности слоев на перегибах складок.

При анализе геологической карты это обстоятельство надо учитывать и карту необходимо соответственно корректировать.

Отметим, что только при структурном картировании эти явления будут обнаруживаться и документироваться достаточно отчетливо.

Наибольший эффект дает при картировке метод изолиний в осадочных, метаморфических и изверженных толщах с учетом других данных геологических исследований. Он дает возможность с наибольшей полнотой изобразить на геологической карте струк-

турные элементы изучаемого участка литосферы и позволяет с достаточной полнотой разрешать многие теоретические и практические вопросы геологии.

Структурно-геологическая съемка с барометром (анероидом) производится в районах с резко выраженным рельефом, при небольших углах залегания пластов и в масштабе не крупнее 1 : 50 000, а обычно 1 : 100 000. Съемка ведется при наличии топографической основы. Обнажения наносят на карту, руководствуясь различными ориентирами на местности, например



Фиг. 185. Результаты барометрического нивелирования.

характерными изгибами русла рек, оврагов, отдельными возвышенностями и другими резко выраженными элементами рельефа, а также искусственными сооружениями.

Взаимное превышение точек местности может быть определено с большой точностью геометрическим нивелированием и с меньшей точностью геодезическим нивелированием — тахеометрической съемкой. И, наконец, с малой точностью определение превышений точек местности может быть произведено барометрическим нивелированием.

Сущность барометрического нивелирования заключается в том, что взаимное превышение точек земной поверхности определяется из показаний барометра в этих точках, зависящих от изменения давления воздуха в различных по высоте слоях атмосферы. Так, разность давлений в точках А и В (фиг. 185) равна весу столба воздуха, высота которого равна разности уровней этих точек. Определив барометрическое давление в точках А и В, можно узнать разность высот этих точек.

Давление атмосферы в различных по высоте слоях воздуха измеряется высотой ртутного столба барометра.

На фиг. 185 видно, что при изменении давления воздуха на 1 мм высота точки местности, на которой произведены наблюдения барометром, изменяется на 11,1 м.

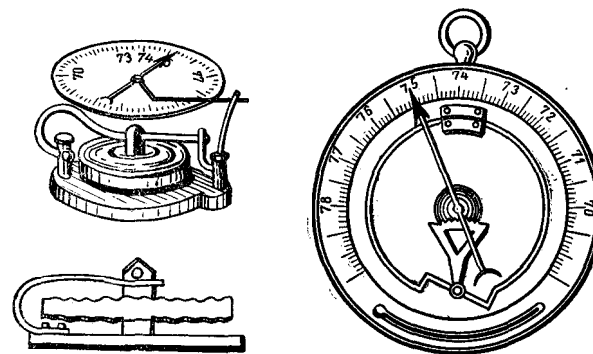
Высота, соответствующая изменению давления столба ртути на 1 мм, называется барометрической ступенью высоты.

Давление воздуха зависит: 1) от высоты столба воздуха, т. е. от высоты наблюдаемой точки над уровнем моря; 2) от температуры воздуха; 3) от его влажности; 4) от напряжения силы тяжести в данной точке,

Кроме того, на давление воздуха влияют многие другие факторы, действие которых учесть довольно трудно.

### Инструменты барометрического нивелирования

1. Барометр-анероид (фиг. 186) состоит из металлической тонкостенной коробки, из которой удален воздух. Переменное давление наружного воздуха на стенки коробки передается при помощи системы чувствительных рычагов на стрелку, которая, передви-



Фиг. 186. Барометр-анероид.

гаясь по циферблату (вправо при увеличении давления и влево при уменьшении давления атмосферы), указывает величину давления.

Циферблат больших anerоидов с диаметром круга до 15 см обыкновенно имеет полумиллиметровые деления от 400 до 790 мм, причем десятые доли миллиметров отсчитывают на-глаз. В последнее время стали выпускать anerоиды с показателем на циферблате приблизительных альтитуд.

При anerоиде имеется термометр полукруглой формы, показывающий температуру anerоида.

Кроме того, необходимо иметь термометр-прац для определения температуры наружного воздуха, а также хорошо выверенные часы и шагомер.

### Формулы барометрического нивелирования

При нивелировании барометром-анероидом пользуются сокращенной формулой

$$h = (H_2 - H_1) + a(H_2 - H_1)(t_n - 15),$$

где  $H_2$  и  $H_1$  — приблизительные альтитуды или приблизительные высоты данных точек над уровнем моря, определяемые по таблицам приблизительных альтитуд;  
 $a$  — коэффициент, определяемый для данной широты местности и средней влажности (для Москвы  $a = 0,003475$ );

$t_n$  — средняя температура воздуха в точках наблюдения.

Показания анероида не соответствуют показаниям ртутного барометра. Поэтому перед выездом на работу и по окончании работы показания анероида сличают с показанием ртутного барометра.

Сравнение производится на метеорологической станции или в геофизической лаборатории при различной температуре и разных давлениях атмосферы. Из сравнения показаний выводят следующие поправки анероида:  $a$ ,  $bt$ ,  $c$  (762 —  $A$ ).

Эти поправки придают к показаниям анероида  $A$  и получают  $B$  — исправленные показания ртутного барометра:

$$B = A + a + bt + c(762 - A),$$

где  $a$  — добавочная поправка или поправка за стояние; эту поправку вводят в связи с тем, что со временем начальная установка анероида расстраивается;

$bt$  — поправка на температуру анероида ( $b$  — коэффициент,  $t$  — температура анероида).

Поправку на деления шкалы  $c(762 - A)$  вводят потому, что деления шкалы нанесены через равные промежутки (через полмиллиметра), а между тем с изменением величины давления положение стенок коробки изменяется далеко не равномерно,

а в связи с этим и стрелка продвигается неравномерно. В поправке  $c$  (762 —  $A$ ) величины  $c$  — коэффициент,  $A$  — показание анероида и 762 — давление атмосферы на уровне моря.

К анероиду прилагается аттестат, в котором указаны величины поправок, получающиеся при сличении показаний анероида с показаниями ртутного барометра при одних и тех же условиях.

#### Производство барометрического нивелирования

Рассмотрим производство барометрического нивелирования при одном анероиде с возвращением по окончании хода в начальную точку.

Нивелирование проводится или на основе карты данного района, на которой намечена трасса линии нивелирования, или же за отсутствием плана или карты на основании чертежа глазомерной съемки данного маршрута.

По ходу нивелирования на карте отмечают точки стояния с анероидом (станция наблюдения).

Результаты нивелирования записывают в журнал нивелирования (табл. 23).

В поле заполняют первые пять граф этого журнала, остальные графы заполняют при дальнейшей камеральной обработке.

Таблица 23

№ точек наблюдения	Время наблюдения	Температура анероида $t$ , °C	Температура воздуха $T$ , °C	Показание анероида $A$ , мм	Поправки анероида $a + bt + c(762 - A)$	Показание ртутного барометра $B$ , мм	Поправки на время, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
I	8 час.	20,0	18,0	750,2	+1,0 — (0,09 × 20) — 0,12 = —0,92	749,28	—
II	8 ч. 20 м.	20,5	18,0	752,3	+1,0 — (0,09 × 20,5) — 0,12 = —0,96	751,34	$\frac{0,12}{3} \times 0,3 = +0,01$
III	9 час.	21,0	20,0	754,7	+1,0 — (0,9 × 21,0) — 0,12 = —1,01	753,69	$\frac{0,12}{3} \times 1,0 = +0,04$
IV	9 ч. 30 м.	21,2	22,0	751,5	+1,0 — (0,9 × 21,2) — 0,12 = 1,20 — 1,10 = 0,10	750,40	$\frac{0,12}{3} \times 1,5 = +0,06$
I	11 час.	23,0	22,5	750,3	+1,0 — (0,09 × 23,0) — 0,12 = —1,14	749,16	$\frac{0,12}{3} \times 3 = 0,12$
	3 час.	—	—	Невязка	Невязка 749,16 — 749,28 = —0,12	—0,12	—

Исправление за время показания ртутного барометра $B_0$ , мм	Приближительные высоты $H$ , м	Разности высот $H_2 - H_1$ , м	Средняя температура воздуха $\frac{T_1 + T_2}{2}$ , °C	Поправки на температуру воздуха, мм	Увязанные поправки на температуру воздуха, мм	Исправленные разности высот, м	Отметки точек (альтитуды), м	Примечания
9	10	11	12	13	14	15	16	17
749,28	142,3	—23,40	18	—0,24 —0,07	—0,31	—23,71	120,00	Анероид Ноде № 11786
751,35	118,9	—27,20	19	—0,40 —0,12	—0,52	—27,72	96,29	Поправки анероида: $a = +1,0$ , $b = -0,09$ , $c(762 - A)$ с равно 0,12
753,73	91,7	+37,50	21	+0,76 —0,16	+0,60	+38,10	68,57	
750,46	129,2	+13,10	22,2	+0,27 —0,04	+0,23	+13,33	106,67	
749,28	142,3	—	—	—	—	—	120,00	Для $A = 740$ мм с равно 0,24
—	—101,2	Невязка	Невязка	+1,03 —0,64 +0,39	—	—	—	Для $A = 730$ мм с равно 0,36



Положим, нам надо пронивелировать участок дороги от станции I до станции IV.

В начальной точке нивелирного хода на станции I начинают работу по нивелированию. Наблюдения и запись их в журнал нивелирования производятся в следующем порядке.

1. В графе 1 записывают номера точек стояния с анероидом.
2. В графе 2 записывают время наблюдения.
3. Температуру анероида отсчитывают по термометру, вделанному в стенки анероида, и записывают в графу 3 в градусах Цельсия.

4. В графе 4 записывают температуру воздуха, определяемую термометром, который привязывают на бечевку. Для более быстрого восприятия им температуры окружающего воздуха термометр крутят. Отсчет записывают в градусах Цельсия.

5. Наконец, в графе 5 записывают показания барометра-анероида с точностью до десятых долей миллиметра.

При проведении работы по барометрическому нивелированию руководствуются следующими правилами.

1. Анероид держат при отсчетах на высоте груди.
2. Перед отсчетом по анероиду необходимо постучать пальцем по стеклу прибора для преодоления трения в механизме анероида. Затем переходят на станцию II, станцию III и станцию IV — последнюю станцию нивелирного хода, после чего быстро возвращаются в начальную точку на станцию I.
3. В плохую погоду с резкими колебаниями давления атмосферы работать нельзя (буря, снег, гроза и тому подобные атмосферные явления мешают нивелировке).

Протяжение хода за один день не должно быть более 20—25 км. В тот же день по окончании хода необходимо вернуться на станцию I.

#### Обработка журнала барометрического нивелирования

Графу 6 и все последующие заполняют и обрабатывают камеральным путем. Графа 6 включает поправки анероида, рассмотренные выше, а именно:  $a$ ,  $bt$ ,  $c$  (762—A).

Поправки эти при испытании анероида в специальной лаборатории выписывают в особый аттестат, прилагаемый к анероиду.

Прибавив эти поправки по формуле

$$B = A + a + bt + c \quad (762 - A)$$

к показаниям анероида  $A$ , получают показания ртутного барометра. Результат записывают в графу 7.

Сравнивают показание ртутного барометра на станции I, записанное в начале нивелирования, с показанием его на станции I по возвращении на нее с последней станции нивелирования. Разница в показаниях на станции I произошла за время нивелирования всего хода, а поэтому, считая это изменение равномерным и пропорциональным времени с начала нивелирования, полученную невязку,

равную  $749,16 - 749,28 = -0,12$  мм, раскладывают на все станции пропорционально времени, прошедшему с момента наблюдения на станции I до времени наблюдения на каждой из последующих станций.

Раскладка невязки, т. е. поправки на время, показана в графе 8. Придавая полученные поправки к показаниям ртутного барометра, получают исправленные показания ртутного барометра, которые и заносят в графу 9.

Далее по таблице приблизительных альтитуд (см. табл. 24), на основании исправленных показаний ртутного барометра находят приблизительные альтитуды и записывают их в журнал в графу 10.

В графу 11 записывают разность этих альтитуд  $H_2 - H_1$  (из альтитуды последующей точки вычитают альтитуду предыдущей).

В графе 12 пишут среднюю температуру воздуха по формуле  $\frac{T_1 + T_2}{2}$ , где  $T_1$  — температура воздуха на станции I,  $T_2$  — температура воздуха на станции II.

В графу 13 записывают поправки на температуру воздуха по данным граф 11 и 12. Поправки эти находят в таблице поправок на температуру воздуха (см. табл. 25).

Сумма этих поправок, принимая во внимание знаки поправок, должна быть равна нулю, так как разности высот определяются по увязанным высотам точек замкнутого хода.

Невязку в графе 13, полученную в результате неточности вычислений, раскладывают с обратным знаком пропорционально величинам разностей альтитуд в графе 11, так как они дают наибольшую величину в поправке  $a (H_2 - H_1) \cdot (t_n - 15^\circ)$ .

Раскладку невязки подписывают под величинами поправок и увязанные поправки на температуру воздуха вписывают в графу 14.

В графу 15 вписывают исправленные разности альтитуд, полученные от сложения данных граф 11 и 14.

Если отметка станции I известна, то, чтобы получить отметки всех последующих станций — II, III, IV, надо к отметке предыдущей станции придать соответствующее превышение. Отметки, или, как их называют, альтитуды, записывают в графу 16. В графу «Примечания» выписывают название барометра, его номер и поправки анероида.

Барометрическое нивелирование лучше проводить в период времени апрель—октябрь, рано утром (от 6 до 10 час.) или вечером (от 6 до 10 час.) при отсутствии грозы, дождя, туманов, инея и тому подобных атмосферных явлений.

Расстояние между двумя соседними станциями барометрического нивелирования берут не более 25 км, а по высоте не более 500 м.

#### Работа с двумя анероидами

При работе с двумя анероидами, чтобы не возвращаться без надобности обратно на первую станцию, надо один анероид оставить на месте до определенного часа, а другой пустить в работу.

Таблица 24

## Приблизительные альтитуды

Миллиметры	Метры									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
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	480,1
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	449,3	448,5	447,3	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	421,7
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	375,2
729	374,0	372,9	371,7	370,5	369,4	368,2	367,1	365,9	364,7	363,6
730	362,4	361,3	360,1	359,0	357,8	356,6	355,5	354,3	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	315,1	314,0	312,8	311,7	310,5	309,4	308,2	307,1	305,9
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	288,7	287,5	286,4	285,2	284,1	283,0
737	281,8	280,7	279,5	278,4	277,2	276,1	274,9	273,8	272,6	271,5
738	270,4	269,2	268,1	266,9	265,8	264,6	263,5	262,3	261,2	260,1
739	258,9	257,8	256,6	255,5	254,3	253,2	252,1	250,9	249,8	248,6
740	247,5	246,4	245,2	244,1	242,9	241,8	240,6	239,5	238,4	237,2
741	236,1	234,9	233,6	232,7	231,5	230,4	229,2	228,1	227,0	225,8
742	224,7	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	156,7	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	107,1	106,0	104,9	103,7	102,6	101,5
753	100,4	99,3	98,1	97,0	95,9	94,8	93,6	92,5	91,4	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	63,4	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	23,3
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

Таблица 25

## Поправки на температуру

°C	Разность альтитуд, м										°C	
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90		100
-5	0	0,695	1,39	2,09	2,78	3,48	4,17	4,87	5,56	6,26	6,95	+35
-4	0	0,660	1,32	1,98	2,64	3,30	3,96	4,62	5,28	5,94	6,60	+34
-3	0	0,626	1,25	1,88	2,50	3,23	3,75	4,38	5,00	5,63	6,26	+33
-2	0	0,591	1,18	1,77	2,36	2,95	3,55	4,14	4,73	5,32	5,91	+32
-1	0	0,556	1,11	1,67	2,22	2,78	3,34	3,89	4,45	5,00	5,56	+31
0	0	0,521	1,04	1,56	2,09	2,61	3,13	3,65	4,17	4,69	5,21	+30
+1	0	0,487	0,97	1,46	1,95	2,43	2,92	3,41	3,89	4,38	4,87	+29
+2	0	0,452	0,90	1,36	1,81	2,26	2,71	3,16	3,61	4,07	4,52	+28
+3	0	0,417	0,83	1,25	1,67	2,09	2,50	2,92	3,34	3,75	4,17	+27
+4	0	0,382	0,76	1,15	1,53	1,91	2,29	2,68	3,06	3,44	3,82	+26
+5	0	0,348	0,70	1,04	1,39	1,74	2,09	2,43	2,78	3,13	3,48	+25
+6	0	0,313	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88	2,19	2,50	2,82	3,13	+24
+7	0	0,278	0,56	0,83	1,11	1,39	1,67	1,95	2,22	2,50	2,78	+23
+8	0	0,243	0,49	0,73	0,97	1,22	1,46	1,70	1,95	2,19	2,43	+22
+9	0	0,209	0,42	0,67	0,83	1,04	1,25	1,46	1,67	1,88	2,09	+21
+10	0	0,174	0,35	0,52	0,70	0,87	1,04	1,22	1,39	1,56	1,74	+20
+11	0	0,139	0,28	0,42	0,56	0,70	0,83	0,97	1,11	1,25	1,39	+19
+12	0	0,104	0,21	0,31	0,42	0,52	0,63	0,73	0,83	0,94	1,04	+18
+13	0	0,070	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70	+17
+14	0	0,035	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35	+16

Наблюдения по обоим анероидам должны вестись в одно и то же время, например через каждые 15—30 мин., не считая наблюдений в характерных точках рельефа местности. В заранее условленный час анероиды меняются местами: рабочий анероид, дойдя до конечной станции (положим до станции IV), остается на месте и ведет наблюдения через условленные промежутки времени, а стационарный анероид догоняет его. Затем намечается следующая передвижная станция наблюдения и так далее до конца нивелирного хода.

## Точность барометрического нивелирования

Ошибки в определении барометром-анероидом высоты зависят:

- 1) от отсчетов по шкале анероида;
- 2) от температуры воздуха;
- 3) от упругости паров воздуха.

В среднем ошибка барометрического нивелирования равна 1—2 м при превышении между точками до 200 м, причем при плохих атмосферных условиях ошибка может доходить до 5 м, а поэтому барометрическое нивелирование наиболее целесообразно применять для приближенного определения высот пунктов местности с резко выраженным рельефом.

В заключение вычисляют отметки всех точек по ходу.

При соблюдении всех перечисленных условий одним барометром можно определять высоты с точностью  $\pm 5$  м, а в особо благо-

приятных условиях  $\pm 3$  м. При этом надо учитывать, что барометр сглаживает высоты, т. е. вследствие ошибок низкие точки оказываются приподнятыми, а высокие опущенными. Например, антиклинальная структура, нарисованная по данным барометрической съемки, будет несколько выположенной по сравнению с действительной формой.

#### Структурно-геологическая съемка по элементам залегания

Когда поверхностные условия и литологический разрез пород позволяют вести структурную съемку, а величины углов падения пластов возможно определять горным компасом (больше  $5^\circ$ ), структурную съемку проводят по элементам залегания. При этом методе структурную карту строят по данным высотных отметок выбранного для построения карты опорного пласта, определенных непосредственно в поле и вычисленных на месте всех обнажений, по замерам углов падения пластов и по измеренным расстояниям между ними.

При различных углах падения в соседних обнажениях величину его приходится брать условно как среднее арифметическое между двумя замерами и поэтому появляется возможность новой ошибки в определении глубины залегания пласта.

#### Структурно-геологическая съемка по горным выработкам

Такие структурные съемки рекомендуется производить только при масштабах не мельче  $1 : 50\,000$  и в районах с постепенным изменением падения пород без тектонических нарушений. Горные выработки находят применение при структурно-геологической съемке прежде всего как способ получения дополнительных точек, когда вследствие неравномерной обнаженности пород имеются большие перерывы между обнажениями.

К горным выработкам при структурно-геологической съемке прибегают также для уточнения строения какой-либо части занимаемой площади, например для прослеживания разрывных нарушений, а также для изучения разреза. Самостоятельное значение горные выработки имеют в условиях слабой обнаженности пород.

Структурную съемку с применением выработок можно вести по высотным отметкам и по элементам залегания.

После проведения первой линии шурфов (скважин), необходимых для изучения разреза и выделения маркирующих горизонтов, закладывают шурфы или скважины с целью проследить маркирующие горизонты по простиранию и для определения их высотных отметок. Для этого шурфы (скважины) размещают по простиранию от шурфов, в которых вскрыты маркирующие горизонты. Всегда следует стремиться расположить горные выработки в ряд линий вкрест общему простиранию пород с таким расчетом, чтобы при более или менее равномерном покрытии площади эти линии проходили через места с максимальной обнаженностью (количество выработок уменьшается за счет обнажений) и минимальной мощ-

ностью наносов (увеличивается расстояние между выработками и уменьшается их глубина). Расстояние между шурфовочными линиями определяется в зависимости от сложности и возможных размеров картируемой структуры. Так как направление простирания пластов изменяется, то не все закладываемые шурфы (скважины) вскрывают маркирующие горизонты. Выработка может попасть или выше по падению, т. е. минуя маркирующий горизонт, или ниже по падению на месте его слишком глубокого залегания, не доступного для применяемой выработки. В этом случае приходится закладывать дополнительные выработки вверх или вниз по падению пластов.

Дополнительные шурфы проходят до тех пор, пока расстояние между соседними шурфами на карте, расположенными по равные стороны от искомого контакта, не достигает  $2-3$  мм (т. е.  $100-150$  м при масштабе  $1 : 50\,000$  и  $50-75$  м при  $1 : 25\,000$ ). Дальнейшее учащение шурфов нецелесообразно, так как полученная точность в определении местонахождения стратиграфической границы не сможет быть использована.

Рекомендуемая сгущающая система заложения шурфов по разведочной шурфовочной линии является наиболее экономичной и потому наиболее часто применяется.

Расстояние между разведочными линиями и их взаимное расположение зависят от характера тектонического строения. При разведке спокойных моноклиналей расстояние между линиями может достигать  $2-4$  км при масштабе  $1 : 50\,000$  и  $1-2$  км при масштабе  $1 : 25\,000$ . При наличии же нарушений и изменений элементов залегания расстояние между линиями сокращается вдвое и более. Взаимное расположение линий определяется исключительно элементами залегания слоев.

При структурно-геологической съемке каждый шурф или скважину следует углублять до вскрытия маркирующего горизонта. Но это не всегда возможно, особенно если в разрезе имеется слишком мало маркирующих горизонтов. Для складчатых областей бакинскими геологами разработан метод структурной съемки, позволяющий проводить работу при однородном разрезе — малом количестве маркирующих горизонтов.

В таких случаях установить связь между соседними шурфами можно только путем построения профиля при условии, что расстояние между шурфами взято с учетом углов падения пород.

При разбивке шурфов по разведочной линии, как это отмечалось выше, исходят из угла падения слоев и мощности насосов. На расстояние между шурфами влияет также величина наклона поверхности; при волнистом рельефе определять это расстояние лучше путем построения точного профиля по разведочной линии.

Для детальной съемки района обычно недостаточно составления только одного профиля, особенно в районах, расположенных на погружении антиклинальных складок или отличающихся непостоянством мощностей различных свит. Необходимо пройти несколько профилей и, следовательно, разбить несколько разведочных линий.

При этом надо всегда стараться придать этим линиям направление вкрест простирания пластов и в случае изменения простирания изменять соответственно направление разведочной линии.

При геологической съемке по горным выработкам следует начинать с проведения пробного шурфа для определения применимости шурфования (наличие мощных или водоносных наносов и т. д.). Если этот шурф не вскрыл коренных пластов, необходимо пройти взамен него три скважины для определения элементов залегания пластов и выбора направления разведочной линии. Дальнейшая работа идет по разведочной линии (как и при шурфовке), и расстановка скважин зависит помимо угла падения и мощности наносов от получаемых при бурении результатов.

Во многих случаях приходится применять комбинирование различных способов разведочных работ. Так, при составлении разреза в местности с пересеченным рельефом и средними углами падения на равнине применяют канавы, при мощных наносах — шурфы, на крутых склонах — штольни; при пересечении оврагов, занесенных наносами, необходимо бурение скважин.

Профили по разведочным линиям при обработке геологических данных составляют в крупном масштабе (до 1 : 100), альтитуды шурфов скважин определяют нивелировкой.

На карте по результатам разведочных работ строят линии выходов маркирующих слоев и наносят граничные линии (контакты) пластов и свит. Рекомендуется составление структурной карты для одного маркирующего слоя с нанесением всех разведочных выработок и скважин.

#### § 4. Геологическая съемка в подводных условиях

При проведении геолого-съемочных работ на территории, занятой водой (морские участки, озера и пр.), методы геологических съемок характеризуются тем, что породы со дна водоема отбирают при помощи специальных трубок длиной до 1,5 м конструкции Государственного океанографического института или специальных дночерпателей.

Для изучения коренных отложений геологи, применяя так называемые легкие водолазные аппараты — водолазные скафандры или аппараты ИПА (изолирующие подводные аппараты), производят наблюдения в подводных условиях.

Аппараты ИПА при геологических съемках отличаются громоздкостью, требуют специально оборудованного судна или баркаса, штата обслуживающего персонала и, как правило, являются дорогостоящими. Более рациональным представляется использование легких водолазных аппаратов. Схема устройства их несложна и достаточно проста в употреблении.

Если температурные условия воды достаточно благоприятны (т. е. температура воды выше 18—20° С), можно опускаться для производства геологических наблюдений в одном аппарате, в противном случае необходимо надевать шерстяное белье, а сверху

гидрокостюм, изготовленный из непромокаемого материала. Легкий водолазный аппарат является наиболее удобным при геологических исследованиях, и при его использовании можно производить съемки в подводных условиях на глубинах до 20 м. К подводным съемкам допускают лиц нормального физического состояния, получивших специальную подготовку по водолазному делу.

Методика проведения подводных работ заключается в проложении подводных профилей, заданных от берега на глубину. Наблюдатель-водолаз идет по дну по определенному азимуту в выбранном направлении, а лодка на поверхности воды движется вслед за ним.

При таких способах исследований составляют профиль рельефа дна и характера осадков. Наблюдатель-водолаз, не поднимаясь, проходит расстояние порядка 300 м. По сигналу наблюдателя-водолаза в определенных местах со шлюпки измеряют глубину и спускают ему все необходимые инструменты.

Опыт подводных исследований указывает на необходимость применения их параллельно с обычными методами, используемыми при изучении геологии моря — по сбору донных отложений. Параллельно с отбором осадков грунтоносом и дночерпателем с баркаса или мотолодки наблюдатель-водолаз изучает участки морского дна, отбирает образцы пород, производит необходимые замеры, записи и зарисовки, для чего использует герметизированный горный компас, грифельную доску, клеенчатый метр, геологический молоток, малую кайлу, саперную лопатку и стеклянные банки для пород и образцов донных отложений.

Поднявшись на борт, наблюдатель-водолаз сразу же заносит все свои наблюдения в полевую книжку и производит этикетирование проб.

При проведении подводных геолого-съемочных работ помимо особенностей и специфики исследований особое внимание геолога должно быть обращено на определение местоположений точек наблюдений и нанесение их на карту.

Наиболее простым способом такого определения является разбивка на местности сетки квадратов или прямоугольников, в вершинах которых, например, помещают картировочные скважины. Эта работа выполняется методом провешивания систем параллельных линий в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

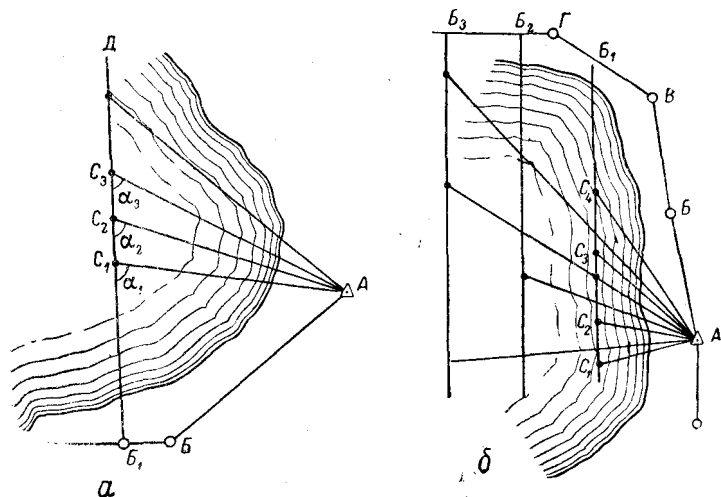
Эта работа в обычных условиях на местности является достаточно трудоемкой и сложной, а на водной поверхности вследствие сильных ветров и волнения вместе с тем и трудно осуществимой. Кроме того, вследствие сильных испарений над водной поверхностью часто создаются неблагоприятные условия для видимости, особенно на больших расстояниях.

Нельзя также не учитывать влияния кривизны поверхности, так как для того, чтобы при спокойной поверхности воды увидеть вежу на расстоянии 4—6 км от берега, инструмент нужно поднять на высоту около 2,5—3,0 м. Применение для обратных засечек с точки наблюдения, находящейся на водной поверхности, обычного угломерного инструмента невозможно, потому что инструмент

требует прочной установки на штативе, а плохие условия видимости не допускают применения обычной взаимной сигнализации флажками при засечках с берега.

Наиболее удобным способом определения точки наблюдения с лодки может служить угломерный инструмент — морской секстант, не требующий установки на штативе, а для взаимной сигнализации целесообразно применять радиосвязь между лодкой и береговыми точками.

Перед проведением геологической съемки на берегу разбивают триангуляционную сеть, между точками которой прокладывают теодолитный ход.



Фиг. 187. Привязка точек наблюдений на водной поверхности; а — при помощи секстанта; б — с применением радиосвязи.

Секстант — угломерный прибор, позволяющий проводить измерение углов с руки без штатива. Перемещение руки и колебание площадки наблюдателя (палуба корабля, лодка) практически не отражаются на точности работы, так как сведенное изображение двух предметов, между которыми измеряют угол, только перемещается в поле зрения, не меняя взаимного совмещенного положения.

Лодка движется в створе выбранной разведочной линии  $B_1D$  (фиг. 187, а) и в точках наблюдений ( $C_1, C_2, C_3$  и т. д.) устанавливают вежи или сигнальные знаки (буи). Для определения пространственного положения каждой такой точки и последующего переноса их на карту при помощи секстанта вычисляют угол ( $\alpha_1$ ) теодолитного хода  $AC_1B_1$ , наблюдая при этом совмещение в секстанте береговых знаков в точках  $B_1$  и  $A$ .

Перемещаясь в последующую точку наблюдения ( $C_2$ ), вычисляют угол  $\alpha_2$  и путем наложения его вместе с теодолитным ходом  $AC_2B_1$  на карту определяют местоположение  $C_2$ .

Условия видимости в направлении провешиваемой линии (ряд веж) резко различны от условий видимости в направлении на точку теодолитного хода. Видимость по провешиваемой линии бывает очень хорошей, так как вежи, поставленные через 500—1000 м, четко проектируются на водную поверхность. Видимость точки на берегу, как правило, бывает плохой из-за больших расстояний и из-за частых случаев проектирования наблюдаемого предмета на фон земли. Поэтому наблюдение секстантом надо строить так, чтобы знаки по провешиваемой линии наблюдались в результате двукратного отражения в системе зеркал секстанта, тогда как точка триангуляционной сети должна наблюдаться поверх зеркала в свободных неограниченных условиях. На последних для лучшей видимости целесообразно устанавливать фанерные щиты.

Перед работой секстант проверяют, в частности проводят сравнение углов, измеренных на местности одновременно теодолитом и секстантом, что позволяет судить о величине эксцентриситета.

При удалении от берега на 3—5 км рационально использовать радиосвязь, для чего необходимо иметь три радиостанции полевого типа. Одну радиостанцию устанавливают на лодке, вторую — на берегу, на точке триангуляционной сети  $A$ ; третью — последовательно в точках  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , на пересечении провешиваемых линий с теодолитным ходом (фиг. 187, б). В точках  $A$  и  $B$  устанавливают теодолиты. Необходимо принять соответствующие меры, чтобы высота инструментов обеспечивала достаточную дальность видимости через водную поверхность точки  $A$ , чтобы предварительно вычислялись азимуты на каждую скважину данной линии и работа проводилась при ориентированном лимбе теодолита. В точках  $B_1, B_2, \dots, B_n$  трубку теодолита устанавливают на постоянный для данной провешиваемой линии азимут.

Местоположения точек определяют следующим образом. Лодка движется в створе провешиваемой линии по направлению, указываемому по радио, с точки  $B_1$ . По мере выхода на азимут линии  $AC_1$  лодку предупреждают по радио, она замедляет ход, и в момент прохождения заданного с точки  $A$  азимута закрепляют проекционную точку вежой. Подобным образом фиксируют и остальные точки по выбранной линии. После отработки одной разведочной линии теодолит из точки  $B_1$  переносят в точку  $B_2$  на выходе следующей линии и работу повторяют в том же порядке. Такая организация работы облегчает руководство движением лодки, так как в этом случае лодка все время движется в створе разведочной линии. Каждая радиостанция должна быть снабжена репродуктором, дающим хорошую слышимость. Правильность работ по разбивке точек наблюдений контролируют по диагоналям, образуемым на местности вежами различных провешиваемых линий. При удалении точек наблюдений теодолит последовательно переносят в точки  $B, G$  и т. д.

Применение описанных методов работ по разбивке геологических точек наблюдений или скважин на водной поверхности при-

мерно в два раза повышает производительность труда и, главное, дает достаточно высокую точность геологической съемки.

Такие подводные работы дают возможность изучать выходы коренных пород под водой, замерять элементы залегания пластов, отбирать образцы горных пород, т. е. производить геолого-съемочные работы, аналогичные тем, которые производят на суше при геологическом картировании.

### § 5. Геологическое картирование в областях развития магматических пород

Геолого-съемочные работы в районах развития магматических пород еще в недавнее время сводились главным образом к оконтуриванию магматического тела, изучению его петрографического состава и к установлению взаимосвязи его с включающими породами.

Современные картировочные работы помимо указанных выше задач, стремятся установить внутреннюю первичную тектонику магматического тела, помочь в разрешении вопросов генезиса разнообразия пород, слагающих массив, и определить их практическое значение для народного хозяйства страны.

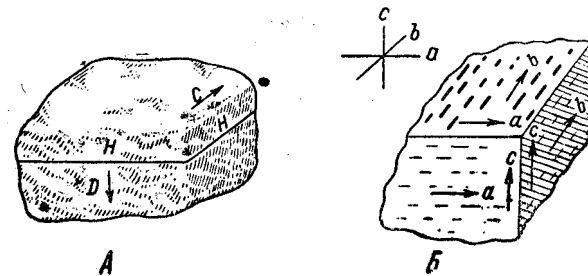
Такое изучение интрузива покоится на значительном количестве частных полевых наблюдений и измерений, во много раз превышающих число таковых при картировании в осадочных породах. Надо отметить, что исследователь не должен производить эту работу механически, откладывая толкование наблюдений до камеральной обработки материала. Наблюдения такого рода в значительной части являются напрасными или избылиуют массой недочетов, не дающих возможности использовать их полностью. Наоборот, сознательное картирование и изучение последовательно тектоники интрузива во время и на месте полевой работы избавляют не только от таких недочетов, но в значительной степени упрощают кропотливую работу картирования его.

Магматические массы, внедренные в земную кору тектоническими движениями, как в период кристаллизации, так и после отвердевания подвергаются давлению со стороны движущихся масс боковых пород. Направленное давление в магматическую фазу эволюции интрузии приводит к истечению жидкой магмы в направлениях перпендикулярных. Это так называемая фаза истечения интрузивного тела, охватывающая период кристаллизации магмы вплоть до полного отвердевания, передает первичную магматическую тектонику (прототектонику). Наблюдение и картирование этих элементов представляют важнейшую задачу геологической работы, позволяющую установить как внутреннюю анатомию массива, так и положение его в генетической систематике интрузивных тел. Совершенно очевидно также, что общее распределение этих элементов истечения в пространстве (и на геологической карте) дает представление о суммарных движениях магматических масс (и отдельных составных частей) и определяет в краевых частях интрузии ее внешние контуры.

Под влиянием того же давления, но уже после отвердевания

магматических масс в интрузиве начинается фаза разломов, выражающаяся в образовании систем трещин раскола. Фаза эта охватывает частью конец магматических процессов и сопровождается образованием по трещинам раскола дайковой или жильной формаций и является, следовательно, позднемагматической фазой. Часть же таких изломов совершается по окончании магматических процессов, т. е. отражает постмагматическую тектонику, или, наконец, уже может относиться и к последующим тектоническим движениям, иногда сопровождаемым магматическими явлениями другого — последующего — интрузивного цикла.

Картирование элементов первично-магматической тектоники сводится к наблюдениям и измерениям направлений истечения магмы и нанесению их условными знаками на геологическую карту.



Фиг. 188. Эtiquетирование ориентированных образцов пород в поле.

А — обозначение основных плоскостей и направлений; Б — условная система этикетированных образцов, характеризующаяся сланцеватостью и линейной ориентацией; а — направление, перпендикулярное к линейной ориентировке; б — направление линейной ориентировки; с — перпендикуляр к плоскости сланцеватости.

Сюда относится изучение плоско-параллельной, полосчатой (или гнейсовидной) текстуры магматической породы, возникающей благодаря перераспределению темноцветных компонентов при движении магмы, и направления линейной ориентированности призматических кристаллов минералов. Наблюдение над такими текстурами рекомендуется делать на выветрелых поверхностях, особенно отчетливо передающих явления истечения для темноцветных основных пород. При определении расположения такой текстуры измеряют простирание и падение.

В тех случаях, когда признаки текстуры истечения при полевых наблюдениях неразличимы, а их определение необходимо для изучения внутренней тектоники интрузива, необходимо прибегнуть к определению их расположения под микроскопом. Для выполнения подобной задачи рекомендуется брать в поле ориентированные образцы породы и исследовать в ориентированно изготовленных шлифах. Каждый образец должен быть ориентирован относительно стран света. По каждому из них отмечают горизонтальную плоскость *H*, направление севера *C*, и направление падения *D* (фиг. 188, А).



Такой образец при лабораторном изучении можно ориентировать, так как он находился в природных условиях, и при микроскопии производить разрезы по любым сечениям.

Такие ориентированные породы соответственным образом этикетуют и подробно описывают в записной книжке. Пользуясь ориентированными образцами пород, изучают сланцеватость, линейную ориентировку, трещиноватость, направление разрывных нарушений и пр. (фиг. 188, Б).

Изучение разнообразия пород, входящих в состав интрузии, их распределения на площади и в пространстве и, наконец, генезиса и последовательности их образования представляет большую и сложную задачу полевого геологического исследования.

Здесь возможны следующие случаи.

1. Разнообразие петрографического состава возникло благодаря процессам, происходящим в самом теле интрузива, и, следовательно, доступно непосредственным наблюдениям.

2. Разнообразие петрографического состава обусловлено многофазным заполнением магмой пространства, ныне занимаемого интрузией (т. е. образование различного состава магм происходило вне тела его и на большой глубине), и недоступно непосредственному наблюдению.

Возникновение разнообразия петрографического состава в теле интрузии может происходить различными путями, из которых наиболее важным является дифференциация вследствие: а) образования краевых поясов, сложенных основными породами. Расположение поясов симметрично. Такие пояса оконтуривают на карте или в разрезах и изучают их внутреннюю тектонику как тектонику самостоятельного тела; б) образования краевых поясов иного петрографического состава, располагающихся в массиве несимметрично, что часто связано с полого наклонными или даже горизонтально расположенными интрузиями. Изучение производят детальными профилями с зарисовками и сбором серий образцов, характеризующих взаимосвязь отдельных поясов и переходы между ними, и, наконец, оконтуривают отдельные пояса на карте (по простиранию). Изучение внутренней тектоники каждого такого пояса пород, установление сопряженности ее с соседними поясами и, наконец, установление переходных пород между ними особенно ценны для объяснения причин возникновения разнообразия этих пород. Фотографирование, зарисовки и серийное коллектирование пород необходимы; особенно важно специальное минералогическое изучение.

Возникновение разнообразия интрузива при многофазном заполнении полости может происходить не только в больших интрузивных телах, но часто и в малых типа трещинных интрузий или даек. В результате этого возможны следующие явления: а) молодая фаза интрузий того же магматического цикла прорывает несогласно интрузию предшествовавшей фазы и б) более молодая фаза интрузирует согласно более древнюю фазу.

При изучении этих явлений внимание исследователя должно быть направлено на определение возможного воздействия мол-

дого тела на более старое в результате контактового или механического действия; изучение характера приконтактной полосы более молодой породы, в которой можно ожидать резкого изменения структуры (большая крупнозернистость или, наоборот, мелкозернистость), случайных включений старой породы или апофиз в нее более молодой породы и т. д.

При петрологическом изучении пород требуется особенно тщательно проследить полосы разнообразных пород как вкрест, так и по простиранию, фотографируя и тщательно зарисовывая детали соотношения разнообразных полос пород. Рекомендуются сборы серий образцов, иллюстрирующих взаимные переходы полос и их контакты между собой, и, наконец, установление минералогического родства подобных ассоциаций.

При картировании особенно важно выделять и оконтуривать поля различных типов (или наборов) ассоциаций полосчатых пород и сравнивать между собой их первичную тектонику (а также и трещинную), чтобы иметь возможность отрицать или, наоборот, установить существование многофазности образования интрузива и слагающих его различных ассоциаций пород.

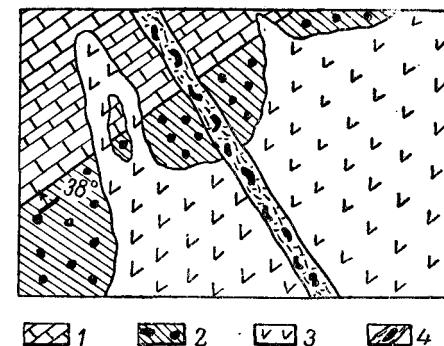
При невозможности детального картирования составляют только детальные профили тектоники и литологии интрузива.

Помимо разнообразия горных пород особое внимание геолога в полевых условиях должно быть обращено на изучение фаз разломов в интрузиве и распространения трещиноватости. Определяя направление этих разломов и трещиноватости, все замеры наносят на диаграммы трещиноватости и на этой основе устанавливают направление давления и его интенсивность.

При исследовании интрузивных образований основное внимание должно быть обращено на определение возраста интрузива.

Нижняя стратиграфическая граница интрузивного образования определяется возрастом свит, с которыми тело его имеет интрузивный контакт.

О возможном верхнем возрастном пределе судят по возрасту прикрывающей свиты, имеющей с интрузивом стратиграфический контакт. Поэтому изучение петрографического состава валунов магматических пород и конгломератов покрывающих более молодых свит имеет особенно важное значение (фиг. 189).



Фиг. 189. Контакт изверженных и осадочных пород, прослеживаемый на поверхности (в плане).

1 — известняк; 2 — глинистый сланец; 3 — гранит; 4 — постинтрузивная дайка, пересекающая изверженные и осадочные отложения (наиболее молодые по возрасту породы относятся к девону).



В областях, претерпевших глубокую эрозию, этот метод может давать преувеличенное снижение возраста и часто не дать никаких указаний на верхние возрастные пределы момента возникновения интрузии.

В таких случаях обычно прибегают к установлению возраста данной интрузии по отношению к другим интрузиям и к определению связи механизма интрузии с тектоникой изучаемого района.

В первом случае заключение о наличии нескольких возрастов интрузий может быть сделано только после исчерпывающего петрологического изучения цикла магматических интрузий каждого возраста или эпохи.

Геологическое картирование в областях развития магматических пород при поисках нефтяных залежей имеет весьма ограниченное приложение и в основном сводится лишь только к установлению наличия этих пород и пространственного их распространения.

### § 6. Геологическое картирование излившихся (эффузивных) образований

Излившиеся породы подобно современным лавам вышли на поверхность по вулканическим каналам или трещинам в земной коре и застыли на ее поверхности. Они образуют покровы и в силу условий быстрого застывания на поверхности имеют весьма характерную структуру: среди стекловатой или кристаллической основной массы выделяются отдельные крупные кристаллы (вкрапленники).

Излившиеся породы залегают обычно в виде покровов и потоков (при наличии уклона местности) разнообразной мощности (от нескольких метров до нескольких десятков и сотен метров). Нижняя часть одного и того же покрова и потока обычно лучше раскристаллизована, чем верхняя часть, причем верхняя часть потока имеет более пузыристый характер, чем нижняя и особенно средняя. Пузырьки (впоследствии миндалины) часто втянуты и вместе со вкрапленниками, а иногда и основной массой образуют потоки, указывающие на направление движения лавового потока. Те же явления можно видеть на поверхности потока в виде морщин и складок, располагающихся поперек движения. Мощность покровов и потоков обычно увеличивается по направлению к центрам излиятий.

При геологическом картировании в областях, сложенных как магматическими, так и метаморфическими породами, намечаются следующие задачи: выделение геологически самостоятельных свит или комплексов; определение стратиграфического положения выделенных свит или комплексов; исследование внутренней тектоники отдельных комплексов; определение первоначальной природы материала метаморфических пород и изучение метаморфических процессов с целью установления зон и фаций метаморфизма и реставрации геологической истории района.

При картировании кристаллических сланцев точно так же, как и в осадочных породах, выделяются свиты или комплексы пород схожего или родственного петрографического состава.

Установление такого родства или сходства наиболее точно осуществляют составлением возможно детальных разрезов вкрест простирания, применяя здесь те же приемы, что и для составления разрезов осадочных пород.

Изучать разрез эффузивного тела, молодого или древнего, должно с возможной детальностью, прибегая к тем же методам, что и при исследовании осадочных пород.

Составленный разрез дает представление о петрографическом разнообразии, о последовательности изменения во времени состава пород, вулканической деятельности одного и того же центра, о мощности каждого петрографического типа, что очень важно для характеристики химизма исходной магмы.

При исследовании туфов необходимо изучать их структуру и подбирать факты, которые могли бы указывать на перенос или, наоборот, его отсутствие, что характеризуется такими чертами, как количество и состав элементов нормально осадочных пород, отсутствие или наличие слоистости, расположение удлиненных вулканических бомб и т. д. Все эти наблюдения особенно важны для древних эффузивов, так как это может указать на близость или отдаленность изучаемых образований от вулканического очага.

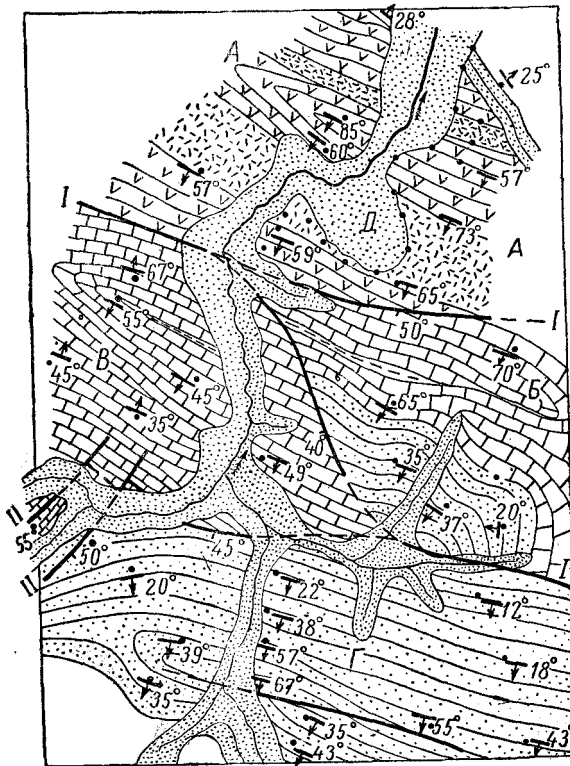
При детальном описании разрезов следует помимо определения пород по минералогическому составу отмечать количественные изменения минеральных компонентов такой породы, изменения структуры и текстуры, устанавливая типы переходов и контактовых поверхностей между отдельными слоями или их пачками.

После составления разреза свиты дальнейшее картирование на площади производится обычными приемами в зависимости от детальности съемочных работ (фиг. 190).

### Определение стратиграфического положения выделенных свит

Выделяемые свиты или комплексы пород могут в числе нескольких относиться к образованиям одного и того же геологического комплекса, являясь его отделами (верхний, нижний и т. д.), или каждый отдельный комплекс может являться самостоятельной стратиграфической единицей. Поэтому пограничные области между всякими двумя комплексами исследуют с особой тщательностью, составляя подробные разрезы или даже прослеживая их контакт по простиранию.

Если наблюдается угловое несогласие между подстилающими и налегающими слоями, то изучают характер подстилающих пород, их изменение у контакта (древнее выветривание) и, наконец, их поверхность соприкосновения с базальными сланцами или конгло-



Фиг. 190. Структурно-геологическая карта (схема).

А — блок сильно нарушенных песчано-глинистых отложений с трансгрессивно налегающими слоями; Б — блок сильно нарушенных карбонатных отложений с трансгрессивно налегающей толщей; В — блок сильно нарушенных карбонатных слоев; Г — блок слоев, образующих опрокинутую складку, осложненную взбросом; Д — область горизонтально залегающих слоев; I — современные речные аллювиальные отложения; 2 — песчано-глинистые отложения; 3 — известняки с маркирующим водорослевым горизонтом; 4 — эффузивные породы с прослоями туфов; 5 — основные эффузивные породы; 6 — точки обнажений с обозначением элементов залегания пластов; I — взбросы и надвиги; II — обросы.

мератами. Подробно изучают характер базальных слоев и петрографическое разнообразие валунов, их форму, поверхность и размеры. Наконец, изучают соотношение этих базальных слоев с вышележащими образованиями.

#### Исследование внутренней тектоники отдельных свит

Изучение внутренней тектоники и синтез этих наблюдений производятся отдельно и независимо для каждой выделяемой (стратиграфически) геологической формации. Применяемые методы изучения те же, что и для тектоники нормально осадочных пород, но трудность нахождения опорных стратиграфических горизонтов, очевидно, ограничивает здесь возможность тектонических построений.

Обычно опорными горизонтами для построения служат редко встречающиеся породы, характеризующиеся постоянством по простиранию и по падению. Таковыми в свите первоначально глинистых пород являются известняки или их эквиваленты в виде

силикатных метаморфических пород, горизонты вулканогенных (или туфогенных) пород и их метаморфические эквиваленты и т. д.

Особенное значение приобретает здесь определение относительного возраста различных дислокаций, например складкообразования и образования поясов разрывов по характеру метаморфизма пород, ими затронутых.

Возраст излияний для четвертичных лав определяют по перекрытию ими речных террас. Для древних излившихся пород возраст определяют по подстилающим и перекрывающим осадкам. Однако нередко остатки фауны и флоры встречаются в туфах и даже агломератах, и это облегчает задачу определения возраста.

Если среди изучаемого комплекса кристаллических сланцев (или с ними в контакте) находится интрузивное тело, то необходимо с особенной тщательностью изучать связь тектоники заключающей свиты с возникновением интрузивной деятельности.

#### Определение исходного материала метаморфической породы

Задача определения первоначального материала метаморфизованной породы очень трудна и заключается в изучении первичного минералогического состава, микроструктур и текстур и, наконец, изучении химического состава породы.

При последующих лабораторных исследованиях устанавливают признаки первоначальной кластической структуры и микротекстуры, а также минералогический и химический состав породы. Совокупность всех данных может решить более или менее определенно вопрос о природе исходного материала кристаллического сланца.

#### Изучение метаморфических процессов, установление зон и фаций метаморфизма и реставрация геологической истории района

Синтез наблюдений над явлениями метаморфизма производится отдельно для каждой геологической формации изученного района, т. е. в некоторых случаях это будет стратиграфической, в других — геологической единицей, ограниченной линиями тектонических нарушений.

Установленные зоны метаморфизма или минеральные метаморфические фации отдельных геологических свит (или их частей) при нанесении на геологическую карту и сравнении между собой могут дать сложную картину разнообразных физико-химических условий, при которых формировались отдельные части большой области.

Восстановление причин возникновения такой мозаики, зависящей как от стратиграфического положения, так и от влияния интрузий и, наконец, от тектонических перемещений отдельных комплексов отложений или их свит, и является венцом исследования, восстанавливающего геологическую историю и метаморфические циклы изучаемой области.

Этот метод геологического картирования при поисках нефтяных залежей более распространен, нежели предыдущий, и приобретает актуальное значение в областях, прилегающих к крупным горным сооружениям, где имели место вулканические процессы (Камчатка и др.).

### § 7. Геологическая съемка в районах развития обломочных (пирокластических) отложений

Пирокластические породы, представляющие обломочные отложения вулканических извержений (вулканические конгломераты, брекчи, туфы, пенлы и пр.), как правило, объединяют на геологических картах с эффузивными породами; в тех районах, где эффузивы отсутствуют и пирокластолиты залегают среди осадочных пород, их объединяют с последними.

Пирокластические породы выделяют на геологических картах в крупном масштабе в тех случаях, когда они составляют очень мощные толщи.

В отличие от осадочных или изверженных пород методика геологического картирования пирокластических пород не разработана. При картировании пирокластических пород обычно ограничиваются оконтуриванием их совместно с какими-либо эффузивами, объединяющимися под общим названием, например «липариты (новейшие лавы) и их туфы».

Такое упрощенное картирование не позволяет составить полного представления о геологическом строении района, не дает возможности разобраться в вулканизме и выделить благоприятные районы для поисков полезных ископаемых.

Картирование пирокластических пород ставит перед собой задачу выяснения пространственного распределения пирокластических пород и условий их залегания, выявление взаимосвязи пирокластических пород с осадочными, выяснение области возможного развития полезных ископаемых.

Решение этих вопросов может быть сделано при условии картирования пирокластических пород с учетом их следующих особенностей: изменение крупности материала по мере удаления от очага извержения; изменение мощности горизонта пирокластических пород; примесь терригенного или органогенного материала по мере удаления от вулкана; взаимосвязь пирокластических пород с эффузивными.

Крупность обломков изверженного материала имеет наиболее важное значение для определения местоположения очага извержения. Поэтому в процессе геологического картирования (в поле) пирокластические породы нужно различать по крупности материала. По крупности обломков они разделяются на следующие типы:

Пелитовые . . . . .	размер обломков от 0,0 до 0,01 мм
Алевритовые . . . . .	» » 0,01 » 0,1 »
Псаммитовые . . . . .	» » 0,1 » 2,0 »
Псефитовые . . . . .	» » 2,0 » 10,0 »
Агломератовые . . . . .	» » от 10 мм и более

В полевой обстановке при описании обнажений достаточно дать лишь общее цифровое выражение крупности материала, что позволит получить необходимые данные для установления местоположения центра извержения. Цифровые выражения крупности материала проще всего представить в процентах. Например, в изучаемом обнажении наблюдается следующий разрез:

Псаммитовый туф . . . . .	2,5 м
Пелитовый » . . . . .	0,5 »
Псаммитовый » . . . . .	1,0 »
Псефитовый » . . . . .	3,0 »
Псаммитовый » . . . . .	1,5 »
Алевритовый » . . . . .	1,5 »

Объединяя алевритовый туф с пелитовым и суммируя мощности однородных туфов по крупности материала, получим пелитового и алевритового туфа 2 м, псаммитового 5 м, псефитового 3 м и агломератового нуль м и запишем в виде отношения 2 : 5 : 3 : 0. Пересчитав на проценты, увидим, что это составит 20% алевритового и пелитового туфа, 50% псаммитового и 30% псефитового туфа.

При изображении на карте крупности материала при помощи изолиний следует выбрать для каждой фракции линии определенного цвета. Такое построение покажет, что в одном пункте будут концентрироваться наиболее крупнообломочные пирокластические породы, а по мере движения от этого пункта в разные стороны увеличивается процентное соотношение более тонких разностей. Пункт концентрации крупного материала определит центр извержения.

Пирокластический материал, отлагаясь в водном бассейне вокруг какого-либо очага извержения или при ареальном типе вулканов вокруг ряда очагов извержений, до некоторой степени наплавывает осадочную толщу. Он также подстилается и перекрывается какими-либо осадочными породами и также проходит стадию деформации при дальнейших тектонических процессах.

Картирование пирокластических пород представляется более сложным, чем осадочных, вследствие того, что в районе очага извержения мощность их большая (до 100 м и более), а по мере удаления на 2—3 км от очага извержения она снижается до десятков метров, а иногда и ниже. Здесь горизонты туфов, залегающие среди осадочных пород, превращаются в громадные линзы, трудно уязвляемые между собой. Резкое изменение мощностей зачастую не позволяет геологу правильно расшифровать структуру, вынуждая его «рисовать» сбросы или дополнительные складки.

При картировании пирокластических пород геологу необходимо учитывать такие резкие изменения мощностей и использовать эту особенность при нахождении центра извержения, помня, что по мере удаления от центра извержения мощности будут снижаться.

Примеси к туфовому материалу также имеют важное геологическое значение. Главные примеси к пирокластическому материалу могут быть трех типов: 1) терригенный материал; 2) обломки более древних пород, оторванных от стенок жерловины вулкана; 3) ор-

ганогенные остатки, образовавшиеся одновременно с накоплением пирокластического материала.

Терригенный материал может иметь различную крупность — от глинистого до крупных обломков. Крупность и петрографо-минералогический состав терригенного материала, а также его распределение среди пирокластического материала должны изучаться с целью выяснения направления и характера сноса (при рассеянном материале и перерывах извержений), если терригенный материал отложен в виде прослоев.

Органогенные остатки бывают двух видов: 1) генетически связанные с извержением и 2) принесенные грязевыми потоками или ветром во время извержения. Последний тип характерен скорее для терригенных обломков. К нему относятся растительный детритус в виде мелких обломков древесины, а часто и листья, принесенные потоком или ветром. В условиях Камчатки, Приморского края и Закарпатья иногда при большом поступлении растительных остатков образуются пласты угля, перемежающиеся с туфами. Такие растительные и животные организмы, погребенные при выпадении вулканического пепла и более грубого пирокластического материала, а также под потоком лавы, оставляют свои отпечатки или полости в лавовых потоках или пирокластических породах.

Лавы, заливающие леса, влияют на деревья различными способами. Сок, выгоняемый из них раскаленной лавой, является причиной образования оболочки из закаленной лавы вокруг дерева, которое выгорает или исчезает позднее вследствие гниения. Получившаяся полость называется слепком с дерева (отпечатком).

Деревья, погребенные непосредственно на месте своего произрастания, дают вертикальные слепки, корни которых погружены в подстилающие лаву породы. Стволы и сучья, обломанные при движении лавой, могут быть погребены вблизи материнского пня или перемещены на некоторое расстояние и при своем сгорании или гниении также оставляют отпечатки с беспорядочной ориентировкой. Если лавовый поток протекал над осадочными отложениями еще не уплотненными, в которых содержались раковины, листья и другие твердые части органического происхождения, то некоторая масса этих осадков была захвачена придонной частью потока и наличие этих окаменелостей может служить основанием для определения возраста излияния.

Из изложенного видно, что органогенные остатки, генетически связанные с пирокластическими породами, имеют довольно широкое распространение. К ним в первую очередь относятся диатомовые водоросли, в меньшей мере радиолярии и фауна, имеющая кремневые панцыри.

Этот метод геологической съемки приобретает свое самостоятельное практическое значение при поисках нефти, так как обломочные породы могут служить нефтемещающими и с ними могут быть связаны залежи нефти.

## § 8. Геологическое картирование на основе гидрогеологических исследований

Кроме обычных широко распространенных методов геологических исследований (стратиграфического, палеонтологического, петрографического и т. д.), большое значение имеют гидрогеологические методы, позволяющие делать ряд важных выводов в отношении геологического строения района.

Гидрогеология при решении геологических вопросов может осветить следующие основные моменты: наличие выхода подземной воды, особенно термальной, свидетельствует об определенных тектонических условиях, т. е. о структуре данного участка; дебит воды свидетельствует о приуроченности к определенному стратиграфическому комплексу, обладающему теми или иными водоносными свойствами; температура воды показывает характер циркуляции (выше или ниже пояса постоянных температур) и тем самым тип и глубину водоносной зоны, которая часто является зоной тектонических нарушений; химический состав вод является показателем состава горных пород, через толщу которых они циркулируют; газовый состав вод свидетельствует о процессах, протекающих в настоящее время в районе, и дает важные указания об истории района в условиях циркуляции в нем подземных вод.

Таким образом, к выходу вод (источнику, роднику) нужно подходить так же внимательно, как и к обычному геологическому обнажению.

Наиболее благоприятные условия для циркуляции и выхода подземных вод создаются в зонах тектонических нарушений при наличии сопряженной системы поперечных, пластовых и диагональных разрывов и трещин. Характер этих зон обусловлен типом горных пород и степенью общей нарушенности района. Обычно образуются почти сплошные пластово-трещинные водоносные горизонты, осложненные в ряде мест разрывами, создающими сообщение между горизонтами. Однако степень водоносности в пределах этих горизонтов различна, и выход воды будет проявляться в тех местах, где имеется комплекс благоприятных условий. Трещины сжатия, естественно, будут менее благоприятны для циркуляции воды.

Очевидно, что та или иная система деформации получает свое гидрогеологическое значение только в зависимости от типа структуры (нарушенное залегание, складки, разрывы и т. д.).

В условиях массивов, сложенных магматическими и метаморфическими породами, большое гидрогеологическое значение имеют зоны поперечных разрывов. В складчатых районах роль поперечных разрывов отходит на второй план и наибольшее значение (главным образом в осевых зонах антиклинальных складок) приобретают диагональные разрывы, связанные с вращающимися усилиями в вертикальных и горизонтальных плоскостях.

В сложных надвиговых районах пологие плоскости надвигов и шарьяжей обычно являются закрытыми и преграждают доступ

воде, которая циркулирует по вертикальным путям в зонах этих надвигов. В ряде случаев при наличии больших передвижек гидрогеологическое значение приобретают пластовые сдвиги. Кроме точной фиксации типа деформации на участке выхода подземной воды, весьма важно установить их возрастную последовательность, так как наибольшее значение имеют молодые разрывы. Отсюда ясно, с какой тщательностью необходимо производить детальный структурный анализ в районе выхода термоминеральных вод.

Лучшим способом оценки водоносности свиты является учет дебита воды по отдельным выходам. Этот материал дает возможность оценить водоносность свиты в условиях данной геологической структуры. Порядок величин дебита воды источников довольно хорошо отражает водоносные свойства отдельных свит.

Температура зависит от климатического и геотермического режима района источника. По температуре воды можно ориентировочно подсчитать глубину подъема и температуру, свойственную тем или иным глубинам. Чтобы определить условия, в которых циркулируют воды, необходимо учитывать аэротермический и геотермический градиенты, глубину пояса постоянных температур, тепловые свойства пород и дебит воды. Необходимо учитывать, что аэротермические условия в течение года меняются, в то время как геотермический режим ниже пояса постоянных температур остается неизменным.

Правильная интерпретация физико-химического состава подземных вод позволяет сделать важные выводы в отношении характера свиты и структур, в пределах которых формируются и циркулируют подземные воды. В задачу геолога входят установление объема необходимых физико-химических определений, оценка химических анализов, систематизация их в определенных формах, вычисление коэффициентов и составление ряда диаграмм и таблиц, облегчающих интерпретацию этих анализов. Полноценное использование физико-химических материалов позволит ответить на следующие вопросы: с каким комплексом пород связаны воды; циркулирует ли вода в пределах одного комплекса или она представляет смесь вод различных горизонтов; является ли вода по своему химическому составу первичной, претерпела ли она разбавление поверхностными водами или метаморфизована при циркуляции в тех или иных горных породах; связана ли минерализация с реликтовой водой, несрастленным морским соленым комплексом или с водой, обогащенной солями за счет выщелачивания соленосных отложений; насыщена ли или не насыщена различными компонентами.

Высокая минерализация вод и значительное содержание хлоридов щелочных земель, незначительное содержание или отсутствие сульфатов при наличии иода, нафтеновых кислот, брома и других элементов являются благоприятными показателями нефтеносности.

Качественное и отчасти количественное химическое опробование осуществляют при помощи полевой лаборатории. Пробы воды отбирают в следующих количествах: для вод минерализованных

1 л, для пресных и слабо минерализованных 2—3 л. Для полного анализа минеральной воды с определением Br, I, Li, Sr, НРО<sub>4</sub> и других элементов необходимо отбирать дополнительно до 5 л воды.

При описании источников, колодцев, скважин и других работок отмечают местоположение их, рельеф окружающей местности, абсолютную или относительную высоту источника, условия выхода его, приуроченность выхода к какому-либо стратиграфическому горизонту, тип источника (восходящий или нисходящий), дебит его, время и способ замера, температуру воды, физические свойства, наличие газов, присутствие ила или грязи. Все эти данные находят свое практическое приложение при обобщении фактического материала и должны быть использованы при составлении отчета.

### Использование косвенных методов для геологического картирования

При проведении геологической съемки в районах, где в значительной степени развиты современные отложения, геологу приходится очень часто обращаться к использованию ряда косвенных методов геологического картирования, которые намного облегчают съемку и дают возможность составить достаточно обоснованную геологическую карту. Эти косвенные методы являются дополнительными к основным, рассмотренным выше, и представляются как элементы комплексной геологической съемки.

### § 9. Методы геоморфологических съемок

Характер рельефа оказывает, как известно, прямое и глубокое влияние на целый ряд явлений и процессов, наблюдаемых на земной поверхности: на пути движения воздушных течений, на распределение и характер атмосферных осадков (а следовательно, и на то или иное распределение климатических районов), на циркуляцию и режим подземных и поверхностных вод, на распределение гидрографической сети, почвенного покрова и т. д.

#### Значение геоморфологии для геологического картирования

При геологическом картировании геоморфологические наблюдения являются обязательными, так как результаты этих наблюдений помогают проследить развитие определенных литологических (литолого-стратиграфических) единиц.

При обработке материалов геологической съемки геоморфологические данные способствуют выделению структурно-фациальных зон и правильному проведению границ между ними.

При поисках нефти геоморфологические исследования имеют весьма существенное значение, так как выясняя общие закономерности в рельефе, развитии гидрографической сети и др., определяют основные элементы тектоники и их структурные формы.

Первая задача исследователя должна заключаться в сборе достаточно обильного и критически проверенного материала для все-

сторонней характеристики рельефа. Сюда относятся: 1) гипсометрические (абсолютные и относительные) высоты; 2) данные, характеризующие пространственные размеры форм; 3) внешние (геометрические) очертания форм; 4) отношения одних форм к другим; 5) общий характер рельефа, поскольку он определяется сочетанием макроформ, мезоформ и микроформ; 6) подразделение исследуемой территории на отдельные, отличающиеся по рельефу участки.

Топографические карты даже крупного масштаба и самые точные все же являются лишь схематизированным изображением рельефа. На них часто ускользают многие весьма существенные подробности, в особенности касающиеся микро- и мезорельефа (блюдца, воронки, карстовые шахты, карры, мелкие дюны, гривы, даже террасы и т. д.).

К сожалению, на существующих топографических картах даже крупного масштаба обычно не находят выражения многие детали рельефа, представляющие сугубый интерес для геоморфолога, поэтому топографическую карту приходится дополнять путем нанесения на нее недостающих подробностей.

#### Основные типы рельефа

Другой важнейшей задачей геоморфологических исследований является установление происхождения (генезиса) и времени образования форм рельефа, что в значительной степени зависит от геологического строения местности, характера слагающих ее горных пород и условий их залегания. Последние два фактора создают большое разнообразие вторичных форм рельефа, возникающих из первичных (тектонических) под воздействием внешних (денудационных) процессов. Такие формы рельефа, отражающие особенности внутренней структуры земной коры, называются структурными или тектоническими. Структурность рельефа указывает на то, что данный участок находится в стадии восходящего развития, т. е. такого состояния, когда эффект поднятия не успевает подавляться совокупным действием разрушительных денудационных явлений. Если же последние начинают брать перевес, происходит общее понижение рельефа (абсолютное и относительное) и последний вступает в стадию нисходящего развития.

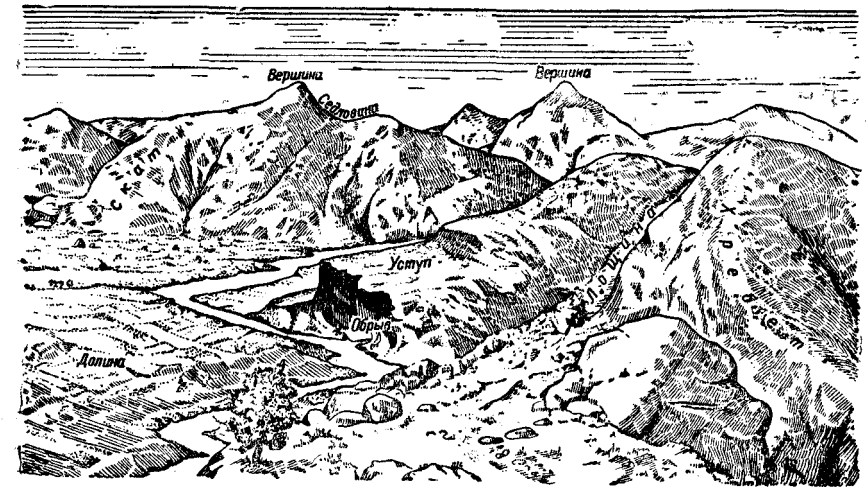
Вторым типом рельефа является денудационный (эрозионный или скульптурный). Он образуется в результате воздействия речной эрозии, ледников, временных потоков, ветра и т. п. на возвышенности первичного рельефа, созданного тектоническими движениями. Сначала деятельность агентов денудации приводит к увеличению расчлененности рельефа против первоначального, а затем к сглаживанию и общему выравниванию рельефа и образованию поверхностей выравнивания или денудационных равнин, полого понижающихся к основным базисам эрозии.

Третьим типом является аккумулятивный рельеф, развивающийся в итоге заполнения первичных тектонических впадин продуктами размыва и разрушения окружающих возвышенностей, создавая плоскую — аккумулятивную равнину.

Денудация и аккумуляция являются сопряженными процессами, поэтому формирование денудационного и аккумулятивного рельефа протекает параллельно.

При обозначении отдельных форм рельефа и целых морфологических ландшафтов имеют в виду оттенить их высотное — абсолютное или относительное — положение, наружные очертания, положение по отношению к горизонту и друг к другу, географо-экономическое значение и, наконец, степень расчлененности рельефа (фиг. 191).

В смысле отношения к горизонту и друг к другу различают две крупные категории форм рельефа — положительные и отрицательные. Положительными называются формы выпуклые по отношению к плоскости горизонта (холмы, горы, бугры, гряды и пр.) и окруженные элементами рельефа более низкими. К отрицательным относятся формы вогнутые (котловины, долины, впадины, воронки и пр.), окруженные повышенными участками рельефа,



Фиг. 191. Формы и характерные виды рельефа.

В смысле высотного положения различают: низины и низменности — участки суши, имеющие высоту от нуля до 200 м над уровнем моря; плиты или невысокие плато высотой от 200 до 500 м; среднегорные возвышенности от 500 до 1500 м; высокие нагорья — от 1500 до 3000 м; альпийские горы — выше 3000 м; депрессии (впадины) — участки суши, залегающие ниже уровня моря.

По степени расчлененности рельефа (в связи с относительными и абсолютными высотами) различают равнины или равнинные формы — участки суши, рельеф которых весьма слабо расчленен и потому отличается весьма малыми колебаниями относительных высот отдельных точек, расположенных в его пределах.

В зависимости от высотного положения различают равнины низменные, или равнинные низменности, и равнины возвышенные, или нагорные. Последние могут располагаться на значительной абсолютной высоте (Памир, Тибет).

Возвышенности, — участки суши, более или менее высоко поднятые над уровнем моря. В зависимости от вертикального поднятия и формы, а также от характера ограничения от окружающих форм рельефа они носят название холмов и гор. Вытянутые незначительные возвышения, поднимаю-



пящиеся среди равнинных пространств, называют гривами, грядами. Мелкие холмы иногда называются буграми, в особенности если речь идет о песчаных накоплениях (бугристые пески).

Горные возвышенности вытянутой в длину формы с хорошо выраженными более или менее крутыми скатами в обе стороны, со склонами, пересекающимися на известной высоте по прямой или извилистой линии, называют хребтами или горными хребтами, иногда горными кряжами.

Водораздельными горными хребтами называют вытянутые возвышенности, разделяющие две различные (текущие в разные стороны) речные системы или разделяющие два дренирующихся в разные стороны района.

Плоскогорьями называют массивные горные поднятия неправильных очертаний в плане с относительно слабо расчлененным рельефом поверхности.

Столбовыми горными возвышенностями или горными плато называют горные поднятия, надающие крутыми склонами или ступенчато в стороны, сложенные горизонтально залегающими толщами горных пород (осадочных или вулканических покровов) и обладающие ровной поверхностью, совпадающей с поверхностью наложения этих пород.

Отрицательные формы рельефа представлены весьма разнообразно, и наиболее крупные понижения рельефа, окруженные возвышенными формами, называются впадинами. Умеренных размеров впадины округлых или почти округлых очертаний называются котловинами. Котловины бывают сухие или заполненные водой; в последнем случае их нередко называют также ваннами. Маленькие и мелкие (плоские) округлые понижения, очень частые в равнинных областях, называются блюдцами, западинами (фиг. 192, а). Глубокие и узкие углубления в почве с вертикальными стенками именуются в зависимости от своих размеров шахтами, колодцами или воронками. Последние отличаются от колодцев тем, что кверху они расширяются, а книзу суживаются. Наконец, пещеры — это полые формы, целиком или частично находящиеся под землей.

В геоморфологии установлена такая последовательность морфологических категорий:

1) элементарные зачаточные формы с колебанием высот, не превышающим 1—2 м (микроформы): песчаная рябь, земляные пирамиды, каменные многоугольники и т. п.;

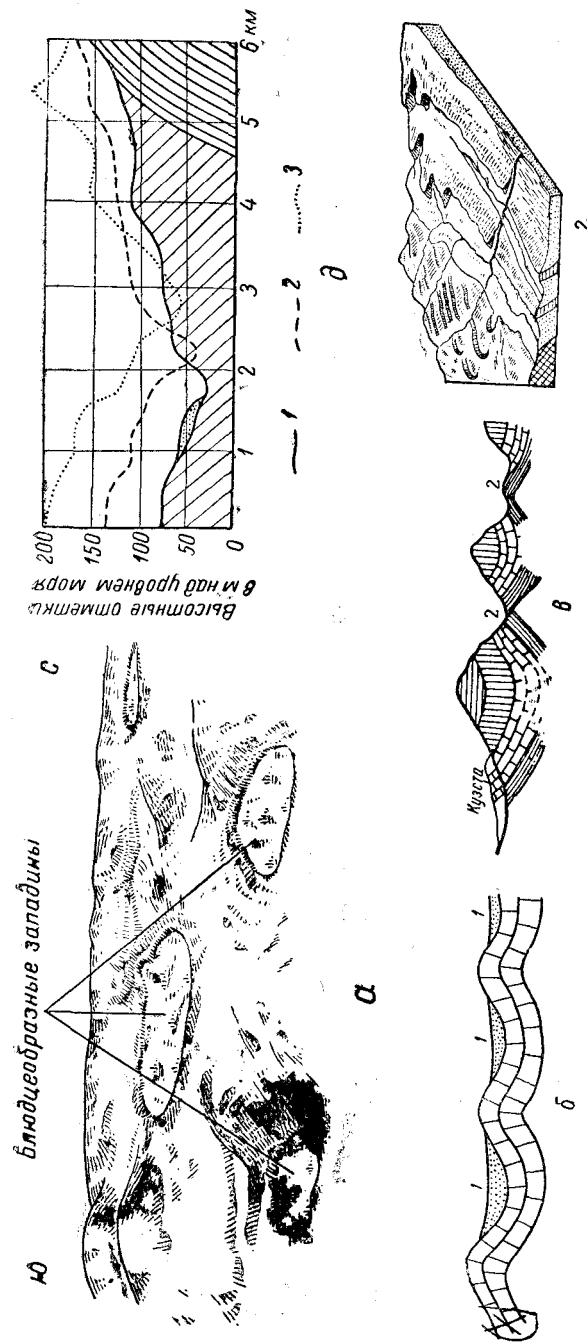
2) простые крупные формы с колебаниями высот от нескольких метров до нескольких десятков метров: такыр, холм, дюна и пр.;

3) сложные макроформы с большими амплитудами высот: гора, долина, равнина и т. п.

Термины эти употребляются применительно к условиям района и нуждаются в морфологической характеристике (в числовых величинах — мерах длины, площади и объема). Определение морфологических показателей в полевой обстановке очень важно, так как эти величины дают наиболее ясное, вполне конкретное представление о характеризующих формах.

Совокупность микроформ определяет микрорельеф, а совокупность макроформ характеризует макрорельеф.

Наконец, более или менее обширные участки земной поверхности, ландшафт которых определяется преобладающим господством той или другой категории крупных форм, называют странами (равнинные страны, холмистые страны, горные страны и т. д.).



Фиг. 192. Геоморфологические формы рельефа и их изображение.

а — блюдцеобразные западины; б — молодой структурный рельеф; в — синклиальная долина; г — обращенный эрозионный рельеф; д — антиклинальная долина; е — куста; ж — совмещенный геоморфологический (поперечный) профиль через долину реки: 1 — в низькем, 2 — в среднем и 3 — в верхнем течении.



### Отражение структуры в рельефе и использование рельефа при геологическом картировании

Складчатые формы нарушений в рельефе могут найти активное или пассивное отражение.

Областями распространения тектонического (структурного) рельефа, т. е. активного прямого отражения складчатости, являются области длительного развития складок или области проявления весьма молодой складчатости (фиг. 192, б). Если разрез сложен породами равной денудационной устойчивости, своды антиклиналей, разбитые трещинами растяжения, подвергаются разрушению в первую очередь и на их месте образуются понижения, в синклиналях же — возвышения.

Возникающий таким путем рельефа называется обращенным (фиг. 192, в). В противоположном случае может наблюдаться прямое соответствие тектоники и рельефа, называемого вторично прямым в отличие от первичного структурного, обязанного непосредственно влиянию складчатых движений, а не пассивному влиянию существующей структуры через литологию.

В некоторых случаях на крыльях складок наблюдаются выходы крепких, более устойчивых в отношении денудационных явлений слоев, которые приводят к образованию пластовых ступеней (куэст). На равнинных площадях такие денудационно устойчивые слои или пачки их, залегающие горизонтально или почти горизонтально, образуют пластовые (скульптурные) равнины.

Процесс моделирования рельефа при взаимодействии колебательных и волновых тектонических движений с денудацией сводится как бы к препарировке денудационно устойчивых элементов, и возникающий при этом рельеф называется скульптурным. В таком рельефе находят свое отражение не только складки, но и разрывы. Если по обе стороны разрыва выступают породы примерно равной устойчивости, то зона разрыва может проявиться в виде ложбины, иногда занятой речной долиной.

Задачей геолога в районах скульптурного рельефа является установление характерного соотношения структуры и рельефа.

#### Основные этапы полевой геоморфологической съемки

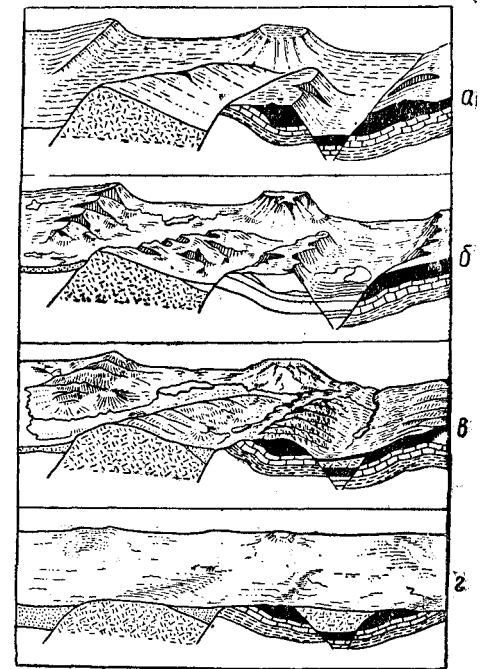
Основными задачами геоморфологического изучения исследуемой территории являются: а) выяснение главных стадий возникновения и развития рельефа района; б) связь отдельных поверхностей рельефа с геологической и тектонической историей района; в) изучение отдельных категорий форм и их относительная роль в общей геоморфологической схеме района (долины, озерные впадины, сухие котловины и др.); г) изучение террасовых образований (речных и прибрежных) как показателей колебаний основного уровня, регулировавшего развитие рельефа; д) микро- и мезоформы, их роль и участие в формировании морфологического ландшафта; е) роль и значение геоморфологических наблюдений при поисках полезных ископаемых.

При полевых исследованиях наблюдатель на основании даже

зрительных впечатлений может выделить отдельные участки и поверхности, располагающиеся на разных уровнях. Такую выделенную поверхность наносят на карту или путем оконтуривания границ ее распространения, или же покрытием частей карты, соответствующих ей, красками или другими условными знаками.

Хорошие результаты при обработке материалов дает составление так называемых совмещенных профилей. Они представляют собой, как это видно на фиг. 192, г, совокупность нескольких гипсометрических профилей с одинаковой шкалой высотных отметок, проведенных через равные расстояния параллельно друг другу. Совмещенные профили дают возможность определить наиболее характерное для района высотное положение тех или иных элементов рельефа, а также наиболее резкие отклонения высот рельефа в ту и в другую сторону от средних отметок.

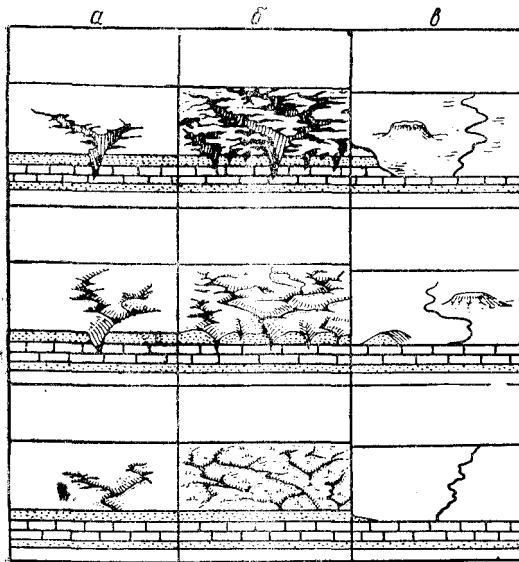
Воссоздав тот или иной комплекс древних форм, связанный единством происхождения во времени в пространстве, и оконтурив его на карте, исследователь затем должен подвергнуть тщательному анализу характеризующие его гипсометрические данные и выяснить, чем обуславливаются колебания высот (фиг. 193). В таком наиболее обычном случае при умелой группировке этих цифровых данных можно восстановить очертания и протяженность древних долин, междуречных пространств и областей, занятых склонами. На междуречных пространствах нередко наблюдаются утесы и скалы различных, иногда причудливых очертаний и не одинаковой высоты — остатки (останцы) тех горных возвышенностей, за счет разрушения которых получилась данная поверхность денудации. Такие остаточные возвышенности должны привлечь к себе особое внимание. Иногда они представляют собой обыкновенные эрозионные останцы гор, сложенные более твердыми и прочными породами. Иногда в их формировании принимали живое участие эоловые агенты (дефляция), в некоторых случаях быть может ледниковая обработка (бараньи лбы, куполовидные горы и пр.).



Фиг. 193. Этапы геоморфологического развития рельефа в континентальных условиях.

а — начальная стадия развития; б — молодая (юная); в — зрелая; г — старая.

Следующий важный комплекс вопросов, встающих перед исследователем, сводится к выяснению тех физико-географических, главным образом климатических, условий, которые господствовали во время соответствующего денудационного цикла. Для этого надо привлечь на помощь в деле восстановления истории происхождения данной поверхности палеонтологические и стратиграфические данные. В слоях, покрывающих склоны и поверхности террасы древних долин, в осадках древних озер на междуречье и в древних долинах могут сохраниться остатки фауны и флоры,



Фиг. 194. Развитие равнины в результате разрушения плоскогорья и образование речной долины.

*a* — начальная стадия; *б* — промежуточная; *в* — конечная.

имосвязей долин тех или иных районов или всей территории в целом.

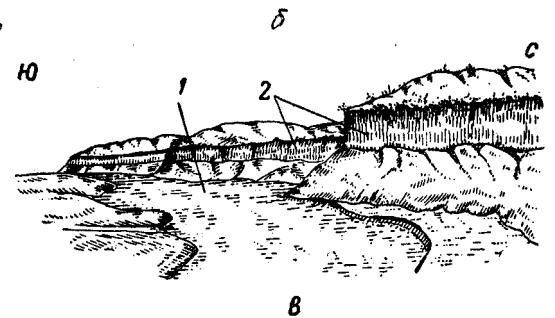
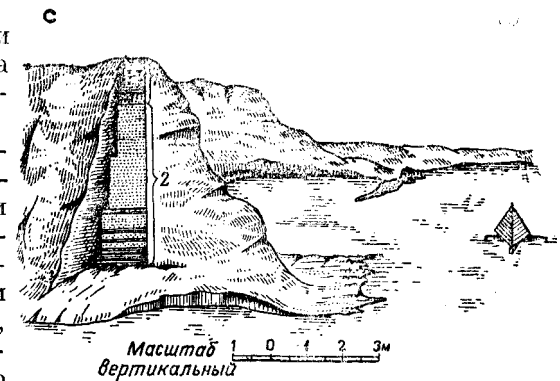
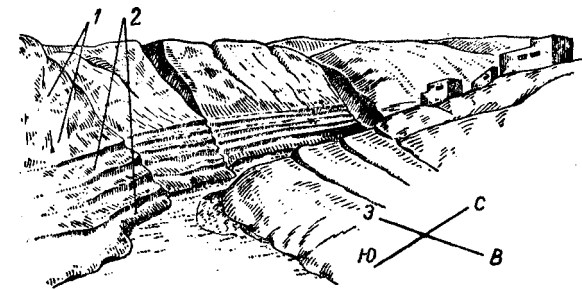
Эти формы рельефа характеризуются большим разнообразием, объясняемым причинами палеоклиматического и палеогеографического характера. Есть такие долины, направление которых обнаруживает явственное соотношение с геологическими структурами, другие — совершенно не считающиеся ни с тектоникой, ни с литологией, третьи — смешанного типа. Есть долины весьма древние, начавшие формироваться задолго до ледникового периода, моменты зарождения которых уходят далеко в глубь третичной и, может быть, даже в мезозойскую эру, но есть и такие, которые целиком или частично формировались в самом недалеком прошлом, в послеледниковое время (фиг. 194). Есть долины, как бы уже закончившие процесс своего развития и перешедшие в законсер-

вированное состояние; другие, наоборот, едва вступили в стадию энергичного формирования и пр. Есть долины чисто водно-эрозионные; есть немало и таких, на форму которых наложили определенный отпечаток ледниковые явления. Имея в виду все сказанное, необходимо в каждом отдельном случае учесть всю сумму физико-географических и геологических факторов, которые оказали то или иное влияние на происхождение и развитие долины.

Претерпеваемые речными долинами в течение эрозионного или эрозионных этапов изменения обычно запечатлеваются образованием на склонах их террас, т. е. более или менее горизонтальных или слабо покатых площадок, сверху и снизу граничащих с участками более крутых склонов. Их изучение имеет исключительно важное значение в геоморфологии (фиг. 195, *a*, *б*).

При изучении современных долин задача сводится к анализу особенностей и морфологии отдельных долин и к уяснению группировки и взаимосвязей долин тех или иных районов или всей территории в целом.

Целесообразно для них проводить полевою порядковую нумерацию, присоединяя к ним наименование по какому-либо характерному генетическому признаку. Например, «вторая — озерно-речная», «третья — моренная» и т. д. Помимо этого различают так называемые вложенные и наложенные террасы. Первые



Фиг. 195. Речные террасы.

*a* — развитие ступенчатых террас в казахских отложениях (2), перекрытых выше породами хвалынского возраста (1) (западный Казахстан); *б* — изучение геологического разреза казахских пород (2), перекрытых выше хвалыньскими песчано-глинистыми отложениями (1), вскрытыми расчисткой на берегу р. Урал (западный Казахстан); *в* — речная терраса пересохшего русла реки; 1 — аллювий; 2 — глины хвалынского яруса (западный Казахстан).

Помимо этого различают так называемые вложенные и наложенные террасы. Первые

образуются при устойчивых восходящих движениях района и характерны главным образом для отрезков долин в верхнем и среднем течении рек. Наложённые террасы образуются при отрицательных движениях земной коры, выполнении депрессии долин рыхлыми отложениями и последующем размыве рекой своих собственных отложений. Вложенные террасы располагаются гипсометрически ниже и внутри площади развития более древней террасы. Наложённые же погребают под собой более древние и могут иметь более широкие площади по сравнению с древними.

Для того чтобы фиксировать уровни террас и сравнивать их с уровнями современных рек, следует точно определить в изучаемой области характерные особенности данного речного бассейна, а именно: средний меженьный уровень, уровень нормальных или исключительных разливов, уклон руслового ложа или ложа современных аллювиальных отложений и мощность последних.

Если в каком-либо месте изучаемая терраса обладает большим наклоном, чем нормальный наклон древнего тальвега, то следует выяснить причины этого явления: образовалась ли терраса в связи с постепенным изменением главного базиса эрозии или оказалась деформированной после своего образования тектоническими процессами. Наконец, когда палеонтологические документы позволяют фиксировать возраст аллювия террасы, то важно выяснить, не имеется ли здесь нескольких слоев различного возраста, налегающих друг на друга, и позволяют ли найденные ископаемые формы определить возраст именно верхнего стратиграфического слоя террасы, который в данном случае представляет последнюю фазу моделировки рельефа рекой.

Для характеристики террас, прослеживаемых вдоль по всей долине (хотя бы с перерывами), нельзя ограничиваться только знакомством с ними в отдельных пунктах, а по возможности нужно произвести такие наблюдения вдоль всей долины. Пользуясь собранными данными, надо установить число террас, их относительный возраст, наличие или отсутствие тектонических деформаций и на этой основе реконструировать этапы эволюции самой долины и рельефа в целом. Все эти работы должны сопровождаться составлением детальных и схематических профилей террас, их подробной гипсографической характеристикой, общими сводными чертежами, иллюстрирующими их взаимосвязь, и, наконец, по возможности, большим числом фотографических снимков и зарисовок (фиг. 195, в).

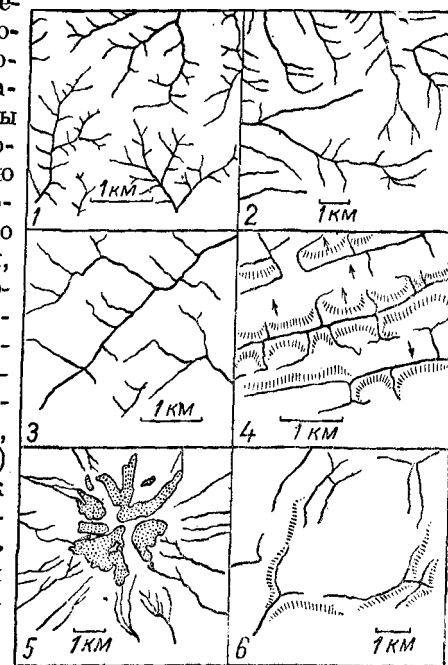
При изучении долин необходимо: 1) провести сбор максимального количества числовых данных, характеризующих гипсометрию различных долин; 2) составить ряд поперечных и продольных профилей с зарисовками наиболее типичных деталей; 3) определить мощность и петрографический состав современного и древнего аллювия; 4) подробно изучить террасы, их морфологию, геологический состав, гидрогеологические условия, наличие полезных ископаемых, палеонтологическое содержание, остатки доисторического человека и возраст террас; 5) точно описать элементы долины,

пределы наиболее высоких подъемов воды в половодье, части долины, не заливаемой половодьем, и пр.; 6) дать характеристику морфологии склонов, их отношение к инсоляции и направлению ветров, их растительного и почвенного покрова и, наконец, их макро- и мезорельефа; 7) пользуясь типами развития дренажной сети (фиг. 196), определить отношение долин к первоначальной поверхности, к тектоническим и геологическим впадинам и структурам: долины продольные и поперечные; долины, идущие по направлению простирания структурных поверхностей; долины, идущие по простиранию слоев; долины, идущие вкрест поверхности против падения структурных поверхностей; долины тектонические: синклинальные, грабеновые, сбросовые; долины моноклинальные, антиклинальные, сбросовые, сдвиговые и пр.; 8) определить отношение долин к движениям земной коры, особенно новейшим; 9) определить возможность использования долины и отдельных ее элементов в народнохозяйственной жизни страны (для гидро-электростроительства, орошения, покосов, земледелия, закладки искусственных сооружений, добычи строительных и иных материалов и пр.).

Большое теоретическое и практическое значение имеет изучение карстовых образований, пользующихся значительным развитием в областях распространения химических осадков.

К числу карстовых относятся: а) наземные и б) подземные формы. Первые бывают представлены блюдцами, западинками, воронками, карстовыми колодцами и шахтами (фиг. 197); ко вторым относятся подземные пещеры.

При геоморфологическом исследовании территории, занятой полностью или частично карстом, следует прежде всего остановиться на всесторонней морфологической характеристике каждой из перечисленных категорий форм, а именно: описать их внешний вид, гипсометрическое положение (абсолютное или по отношению к ближайшим уровням циркуляции проточных и сточных водных

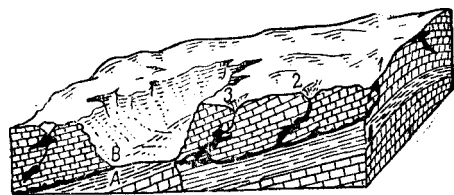


Фиг. 196. Форма дренажной сети как один из факторов геоморфологического изучения долин.

1 — развитие дренажной сети оврагов при горизонтальном залегании пород; 2 — то же в кристаллических породах; 3 — прямолинейный дренаж в кристаллических породах; 4 — сетчатый (решетчатый) дренаж в дислоцированных породах; 5 — радиальный дренаж в районе вулкана; 6 — развитие кольцеобразного дренажа в купольной структуре.

скоплений), характер и способ группировки (например, расположение воронок и колодцев по определенным линиям или зонам или же рассеянное), наличие или отсутствие почв, растительного покрова и характер этих последних. Для пещер необходимы те же сведения с указанием глубины их залегания под поверхностью и формы их соединения с земной поверхностью, наличия или отсутствия натечных образований и т. д. Кроме того, необходимо дать цифровое выражение площади, занятой карстом.

Блюдцы и западины, разбросанные в огромном количестве на территории нашей страны на различных породах и на различных гипсометрических уровнях, представляют большой практический интерес для целей инженерной геологии и гидрогеологии. Главное внимание должно быть обращено на их происхождение, которое в различных случаях не одинаково. Причинами их возникновения



Фиг. 197. Развитие карстовых явлений в условиях нарушенных пород.

1, 2, 3 и т. д. — карстовые воронки; А — водонепроницаемый слой; В — поглотительная воронка.

могут быть: 1) суффозионные явления, связанные с вымывающей и выщелачивающей работой подземных вод; 2) почвообразовательные процессы, в частности подзолообразование (могут вести к переносу порошкового кремнезема из почвы в лежащие ниже горизонты и к оседанию в таких местах земной коры поверхности); 3) естественные неровности (впадины) дочетвертичного рельефа; 4) неоднородное увлажнение и связанная с ним группировка растительных и почвенных ассоциаций.

При изучении блюдца и западин следует прежде всего дать точное морфологическое описание этих образований: изучить их форму, размеры, глубину, характер почв, характер растительности, глубину и скорость стаивания снегового покрова, густоту расположения блюдца и занятой ими площади, отсутствие или наличие в них воды и пр. Только после сбора и анализа подобного материала возможно будет подойти более углубленно к решению вопроса об их происхождении.

Эоловые формы в равнинных районах играют большую роль и заслуживают специального изучения. Среди последних наиболее распространенные имеют песчаные накопления. К ним относятся в первую очередь дюны и вообще песчаные накопления всякого рода.

При изучении песчано-бугристых ландшафтов необходимо: а) собрать подробные гипсометрические, топографические и морфологические данные, характеризующие как отрицательные, так и положительные формы этих ландшафтов; б) выяснить источники происхождения переносимого песка и его сортировку эоловыми струями; в) выяснить влияние растительности вообще и отдельных

растений на размеры и форму возникновения и консервации как отрицательных, так и положительных форм рельефа, создаваемых эоловыми агентами.

#### Геоморфологическое картирование

Геоморфологическое картирование является наглядным графическим изображением распределения отдельных элементарных форм рельефа того или иного происхождения или определенных комплексов этих форм в пределах исследуемой территории.

Геоморфологическая съемка осуществляется при помощи достаточно густой сети маршрутов, дающих возможность обследовать визуально все участки поверхности. Нанесение на карту результатов наблюдений следует производить с возвышенных пунктов, пользуясь биноклем. Очень много данных дают аэровизуальные наблюдения и геоморфологическое дешифрирование аэроснимков.

Полевая геоморфологическая съемка выполняется на основе уже разработанных условных обозначений и предварительных эскизов карт с уточнением этих обозначений при проведении рекогносцировочных маршрутов.

Прослеживание геоморфологических границ на местности и фиксация их на карте сталкиваются с немалыми трудностями, так как рельеф представляет собой сочетание разнообразнейших неровностей единой поверхности земного шара с постепенными переходами от одних форм к другим — от долин к водоразделам, от гор к предгорьям, от моренных холмов к западинам и т. п.

Смена одного генетического типа рельефа другим также не везде происходит по резко выраженной границе. Так, ледниково-эрозионный рельеф может постепенно переходить в ледниково-аккумулятивный, поверхность делювиального смыва — в поверхность делювиального накопления.

Наряду с постепенными пространственными переходами одних форм и типов рельефа в другие существуют и четко выраженные качественные рубежи, которые легко прослеживаются на местности и могут быть нанесены на карту. Даже в тех случаях, когда границы на первый взгляд не выражены, их можно установить путем более точных инструментальных наблюдений, детальных геологических исследований, стационарных наблюдений и т. п.

Очень часто затруднения в проведении геоморфологических границ объясняются отсутствием необходимого фактического материала, например геологического, особенно по рыхлым отложениям, образование которых непосредственно связано с развитием рельефа. В таком случае необходимы постановка буровых, шурфовочных работ, выполнение специальных анализов горных пород и пр.

Геоморфологические объекты наносят на карту двумя методами: 1) визуальным (полуинструментальным) и 2) инструментальным (на готовой топографической основе или на базе специально созданной опорной съемочной сети).

Выбор метода полевой съемки определяется ее назначением, масштабом и требуемой точностью.

Визуальное (полуинструментальное) геоморфологическое картирование с применением некоторых простейших инструментов (буссоли, визирной линейки, анероида и др.) состоит в глазомерной привязке контуров и объектов геоморфологической нагрузки к контурам и объектам топографической основы — элементам рельефа, гидрографической, дорожной сети, контурам растительности, населенным пунктам и различным ясно видимым местным предметам (ориентирам). Расстояние определяют глазомерно или шагами, направление визируют глазомерно с предварительной ориентировкой карты по компасу или определяют при помощи буссоли.

Инструментальное геоморфологическое картирование выполняют только в крупном масштабе, причем специальные объекты и контуры наносят на имеющуюся карту исключительно при помощи геодезических инструментов, которые служат для привязки к контурам имеющейся топографической основы.

Инструментальное картирование масштаба 1 : 10 000 и крупнее базируется на рабочей съемочную сеть, т. е. систему точек, закрепленных на местности, для которой с необходимой точностью определяется плановое и высотное положение. Такая съемка производится со строго определенными научно-исследовательскими или практическими целями, требующими карты повышенной точности для небольшого района (например, при проектировании промышленного строительства, при стационарных геоморфологических наблюдениях и для изучения основных элементов тектоники и особенно новейших движений и т. п.).

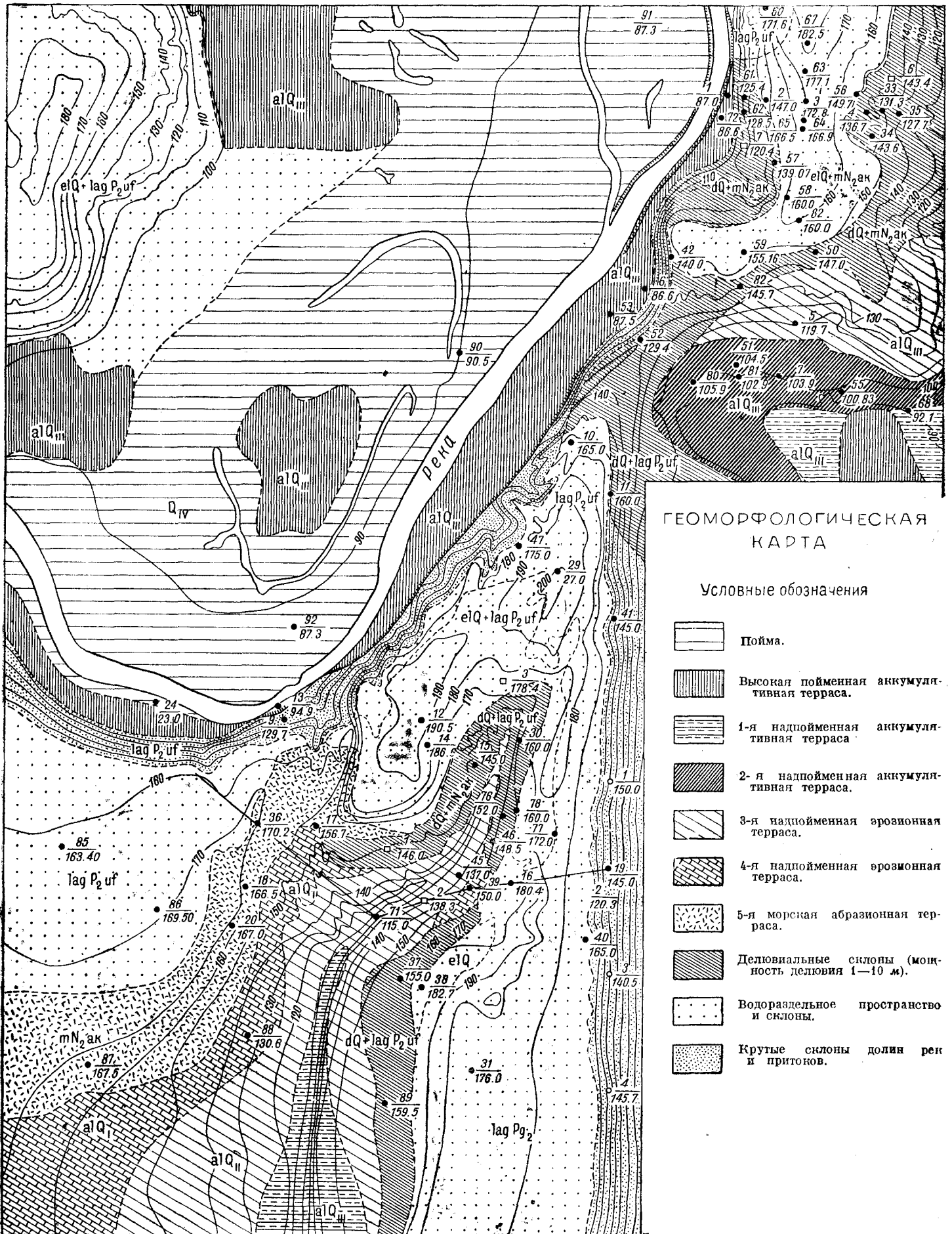
Производя геоморфологические исследования, необходимо картировать не только те объекты, которые будут обозначены на отчетных картах, а по возможности наносить и все то, что в дальнейшем послужит материалом для составления окончательных карт, геоморфологического описания и т. п.

Примером геоморфологической карты является карта, изображенная на фиг. 198.

Геоморфологические карты могут быть или морфологическими или морфогенетическими. Первые преследуют задачу дать наглядное изображение географической группировки элементов рельефа по их морфологическим (внешним) признакам (высокогорья, плато, равнины, среднегорья и пр.). Вторые имеют задачей осветить географическое размещение форм поверхности, отличающихся генетическими признаками или же геологическим возрастом.

Нередко, впрочем, на геоморфологических картах дают одновременно и морфологическое и морфогенетическое изображения распределения по данной территории форм рельефа.

Таким образом, геоморфологическая карта, составленная на надежной топографической основе, должна быть объяснительной, потому что даже в тех случаях, когда в основу ее построения кладется морфологический принцип, уже этот последний дает геоморфологу известного рода указания на генезис, а иногда и на относительный возраст форм.



Фиг. 198.

## § 10. Геологическое картирование новейших тектонических движений

В последнее время новейшие тектонические движения стали обращать на себя все большее внимания. Ни одна региональная геологическая работа не обходится без выводов в отношении новейшей тектоники.

Новейшие тектонические движения представляют собой движения самого последнего отрезка геологического времени — антропогена. Принципиально эти движения совершенно не отличаются от более древних. Их выделяет не только время проявления (600—800 тысяч лет), в геологическом понимании представляющее очень короткий отрезок, но и весьма специфичная методика их изучения, не применимая для более древних движений.

Некоторые исследователи под новейшей тектоникой понимают те тектонические процессы, которыми создан в основных чертах современный рельеф. Такое понимание отчасти соответствует достаточно распространенному в современной геоморфологии мнению, что образование основных черт современного рельефа происходит вследствие непрерывно развивающегося взаимодействия двух основных рельефообразующих факторов — процессов денудации и процессов тектонических. Это обстоятельство имеет чрезвычайно важное значение и намечает два основных пути изучения новейших движений.

1) Сначала изучают рельеф. Тектонические движения в данном случае устанавливают в результате выявления закономерностей в развитии рельефа. При этом забвение геологических факторов очень часто приводит к односторонним, противоречивым и просто неверным выводам.

2) Новейшие движения изучают, идя от установления закономерностей проявления движений геологического прошлого к выявлению их в настоящем. Этот путь устанавливает только направление развития новейших тектонических движений и их основные закономерности. Обычно освещение их оказывается неполным и ограничивается какой-то частью территории.

Наиболее полноценное направление изучения новейших движений идет от установления геологических закономерностей и дополняется изучением рельефа.

Методы изучения новейших тектонических движений включают большой комплекс самых разнообразных факторов: геологических, геоморфологических, орографических, исторических, археологических и т. д.

Эти методы можно разделить на количественные и качественные.

1. К количественным (инструментальным) относятся: а) сейсмологические; б) астрономические; в) геодезические повторные триангуляции и измерение линий базисов, прецизионное нивелирование; г) гидрогеологические.

2. К качественным (геолого-геоморфологическим) относятся: а) орографические — батиметрические; б) геоморфологические —



метод геоморфологии моря, методы изучения береговой линии и островов, методы изучения гидрографической сети, методы изучения речных долин, методы изучения многоярусного рельефа; в) геологические — метод изучения мощностей, метод изучения фаций, палеогеографический метод, метод выявления тектонических взаимосвязей, оценка истории и направления геологического развития структуры; г) историко-археологические, биогеографические.

Новейшие движения по своим амплитудам и периоду так же разнообразны, как и движения более древние.

Ритмичность (периодичность) движений земной коры в новейшее время доказана многочисленными фактами и является очень показательной. Отмечается также повсеместность проявления новейших колебательных движений земной коры в пределах континента и в прилегающих участках моря (шельф, континентальный склон). Новейшие движения различных ритмов в своем проявлении накладываются друг на друга. Поэтому выделять амплитуду каждого типа движений вследствие интерференции этих движений очень трудно.

Сложность движений земной коры увеличивается еще и потому, что различные ритмы четвертичного времени накладываются на ритмы более древних движений с большим периодом. Можно утверждать, что положительные тектонические молодые движения очень тесно переплетаются с опусканиями и существуют одновременно с ними. Примером такого сочетания могут служить поднимающиеся Кавказ, Тянь-Шань, Прибайкалье, на фоне которых можно выделить отдельные, относительно погружающиеся участки — Алазанскую депрессию на Кавказе, Ферганскую, Нарынскую и другие впадины в пределах Тянь-Шаня; системы Байкальской, Баргузинской, Верхне-Ангарской, Муйской и других впадин в Прибайкалье и т. д. Аналогичная картина может быть выявлена на Русской платформе, на Урале и в других районах. Например, в течение новейшего времени первый из этих участков испытывал поднятие, однако отдельные площади на нем относительно погружались, отставая по скорости от смежных участков.

При рассмотрении вопроса о новейших движениях очень часто приходится оперировать данными об изменении береговой линии (береговые линии Каспийского, Черного морей, Северного ледовитого океана и др.). Более пристальное рассмотрение показывает, что новейшие тектонические движения не всегда соответствуют выделяемым структурным элементам земной коры. Движения с теми или иными особенностями часто охватывают различные по возрасту структурные элементы. Отсюда можно выделить новейшие структурные элементы земной коры.

Основным показателем этих структур является общность геологического и геоморфологического развития территории в новейшее время. Это развитие отражается и на рельефе, который можно рассматривать как функцию взаимодействия процессов тектонических и денудационных (с обязательным учетом климатических факторов).

Это очень важные в методическом отношении выводы. Для правильного понимания и оценки проявления современных тектонических движений земной коры совершенно необходима для данного района оценка истории и направления геологического развития структуры. Правильно понять их можно, только оценивая современные движения на фоне более древних, учитывая при этом их сложную схему.

В ряде случаев можно наблюдать проявления разрывных дислокаций в течение антропогена. Эти разрывы четвертичного времени часто обнаруживаются в районах с большими размахами новейших колебательных движений, где их градиент достигает значительных величин. Но иногда эти разрывные нарушения являются унаследованными.

Помимо разрывных нарушений новейшего времени отмечаются и складчатые. Они проявляются в складчатых деформациях новейших отложений. Такие дислокации известны в пределах Камчатки, Сахалина, Тянь-Шаня, Кавказа и в некоторых других местах. Эти складчатые деформации отмечаются в большинстве случаев на участках, обладающих достаточно большим градиентом колебательных движений земной коры. Генезис складчатых деформаций различен. В большинстве случаев складчатость может быть вызвана колебательными движениями земной коры или же она является гравитационной. Роль же новейших складчатых движений в целом весьма скромная и проявляется главным образом вне региональных движений земной коры, т. е. локально.

Рассматривая новейшие движения с точки зрения скорости (относительной интенсивности проявления) и применяя для этого геолого-геоморфологические методы, можно определить суммарный размах движений за четвертичное время, оценивая их той или иной цифрой. Можно даже производить пересчет на относительную скорость в единицу времени, например год, десятилетие или столетие. При этом цифра будет, по видимому, преуменьшенная, так как учитывается только какое-то результирующее действие колебательных движений — сумма определенных повторяемых поднятий и опусканий. Недостаток наших знаний в области стратиграфии новейших отложений (граница антропогена и неогена), а также и в отношении абсолютной оценки времени антропогена тоже влияет на относительность получаемых цифр.

Рассматривая районы максимальных и устойчивых (длительных) проявлений новейших колебательных движений земной коры, можно отметить их совпадение с районами резко выраженного рельефа. Эти же участки совпадают с районами, которые характеризуются наибольшими градиентами аномалий силы тяжести и землетрясениями, достигающими наибольшей балльности. Такая взаимосвязанность рельефа, новейших движений, гравитационного состояния земной коры и землетрясений не является случайной и подчинена определенным закономерностям.

Как известно, образование всех главных особенностей современного рельефа происходит вследствие непрерывно усиливающегося

динамического воздействия двух основных рельефообразующих факторов: тектонических процессов и процессов денудации и аккумуляции. Их взаимодействием объясняются все разнообразные типы современного рельефа, которые наблюдаем на поверхности земного шара.

Понимание проявления одного из основных рельефообразующих факторов — тектонических движений, выявление механизма его действия раскрывают широкие перспективы в области геоморфологии.

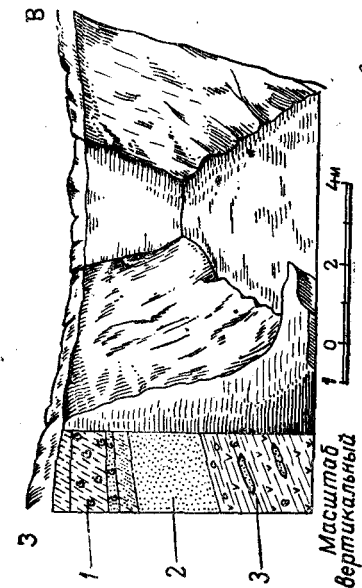
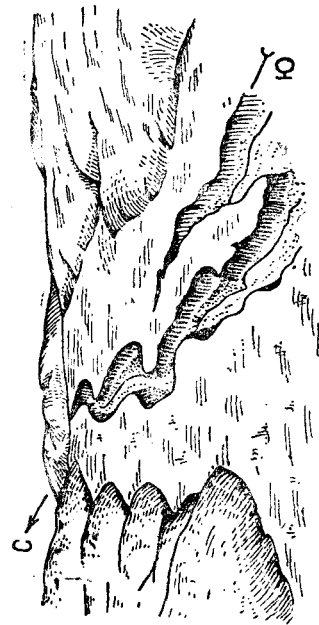
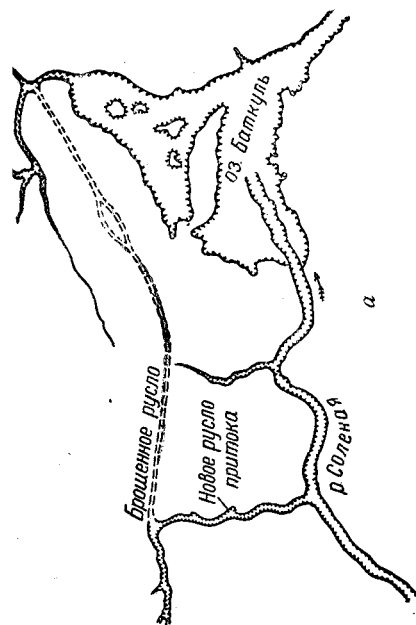
Правильно понятые различные формы рельефа и сопровождающие их рыхлые отложения, их литологические особенности, строение, распределение в пространстве при детальном выявлении механизма новейших тектонических движений могут служить основанием к изучению этих движений в каждом районе в отдельности.

Признаками проявления новых тектонических движений может служить целый ряд явлений. К ним относятся такие, как обтекание структурных поднятий речной и балочной сетью как прямой геоморфологический признак; высотные соотношения одних и тех же террас для различных участков озерных или речных террас; перемещение русел речных потоков в горизонтальном направлении. Примером последнего проявления может служить левый приток р. Соленая (фиг. 199, а), первоначальное положение которого указано на схеме пунктиром вверху. Этот приток в своем среднем течении изменил направление под прямым углом и в настоящее время впадает уже не в оз. Баткуль, а в р. Соленая. Такое изменение русла — его пространственного положения — связано с молодыми дифференцированными подвижками различного знака; возможно, что новый участок русла заложился по линии разлома.

Радиальное расчленение современной овражной сети в сводовых частях структурных поднятий (купола, антиклинали и пр.); деформация озерных террас (оз. Баткуль, Индер, Кара-Чунгул в западном Казахстане и в ряде других районов нашей страны; фиг. 199, б); заложение современной эрозионной сети по линиям разломов; образование полуостровов из островов (например, оз. Арал-сор, Искине и др.); многочисленные молодые врезы оврагов, расположенных вблизи купольных структур; переуглубление русел балок и речек с образованием террас (фиг. 199, в) — все это признаки проявления молодых тектонических движений, которые должны быть предметом самого серьезного внимания геолога-наблюдателя, геолога-полевика.

Водотоки и русла рек также дают указания на проявления тектонических движений и, в частности, новейших. Общеизвестно, что с этими движениями часто сопряжены процессы формирования складки и что водный ток может быть чутким индикатором движений в земной коре.

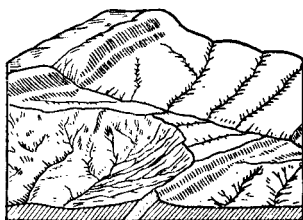
Река, пересекая действующие сбросы и взбросы, врезается в коренные породы в зонах поднятия и заполняет мощным слоем донных наносов свое русло в зонах опускания. Пока эти движения



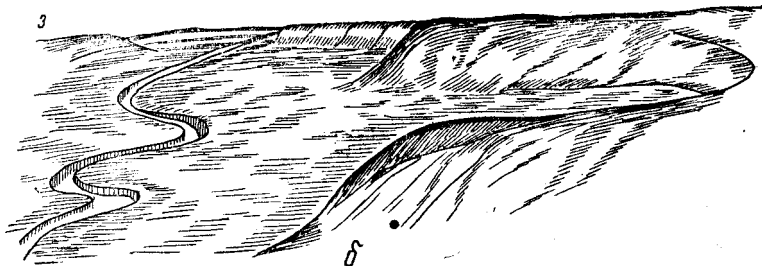
Фиг. 199. Изучение молодых тектонических движений.

а — изменение русла р. Соленая как результат проявления новейших тектонических движений; б — соленое озеро Баткуль; на переднем плане виден своеобразный характер интенсивно развивающихся оврагов в результате проявления новейших тектонических движений; в — верховья балки М. Ураг-Сая; вторичное врезание оврагов в линия балки как результат проявления новейших тектонических движений (западный Казахстан); г — геологический разрез стены оврага Мурат-Сая по направлению изменения углов залегания пород (западных отложений); 1 — глинистые породы верхней части (углы падения 3—12°); 2 — песчаные породы нижней части (углы падения 12—18°); 3 — хвальное глинистые отложения (углы падения 18° и больше).

продолжаются, продольный профиль такой реки развивается ступенчато. В современном профиле дна реки отражены все эпизодические движения, а в ступенчатом профиле террас запечатлены движения, развивающиеся длительно. Контакт плотных (твердых) пород с рыхлыми (мягкими) представляет собой наиболее удобные поверхности скольжения, по которым происходит разрядка тектонических напряжений. Отсюда частое совпадение ступеней продольного профиля реки с чередованием твердых и мягких пород, пропиливаемых ею является вполне закономерным. Совершенно очевидно, что образующиеся при этом впадины приводят к застойности течения и заполняются наносами, а промежуточные пороги между ними могут вызвать усиленный размыв. При отсутствии тектонических движений впадины и пороги не могут расти, а наоборот, сглаживаются. На этой



а



б

Фиг. 200. Гидрографическая сеть и ее связь с геологическим строением района.

а — схема развития речного перехвата, распространяющегося по простиранию отложений; б — горизонтальные изгибы реки как результат отражения геологических процессов.

основе реки могут служить в качестве индикатора тектонических движений. При геологических съемках нужно внимательно относиться к различным явлениям, нарушающим плавность продольного профиля реки (перехваты водоразделов; фиг. 200, а).

При изучении реки в плане наблюдаются два типа горизонтальных изгибов реки, обусловленных различными причинами — ритмичные извивы, отражающие внутренние напряжения водного тока (фиг. 200, б), и речные дуги, создаваемые тектоническими причинами. Первые можно изучать только на крупномасштабных картах, а вторые обычно хорошо выражены и на мелкомасштабных.

Ритмичные извивы реки являются производными от скорости течения, а следовательно, от наклона дна.

Для тектонического анализа изучают также продольный профиль ложа меандров. Благодаря этому исключаются все уступы дна, сопряженные с извивами, и наглядно проступают тектонические ступени. Участки реки, соответствующие этим ступеням,

имеют самые разнообразные очертания в плане. Расшифровка этих очертаний в сочетании с прочими геологическими наблюдениями и является одним из приемов тектонического анализа.

Техника проведения этих всех исследований в поле базируется на обычных геологических и геоморфологических приемах съемки, но требует исключительно внимательного отношения к сбору фактических данных. При этих исследованиях часто приходится сталкиваться с псевдотектоническими явлениями (оползни и пр.), которые могут в значительной степени маскировать новейшие тектонические движения или даже усложнять их.

Рекомендуется при обработке собранных материалов широко использовать графические построения и, в частности, диаграммы трещиноватости (см. фиг. 104, 105), при помощи которых возможно генетическое подразделение всех этих движений.

### § 11. Геоботанический метод исследований при геологическом картировании

Среди вспомогательных методов, применяемых в настоящее время при геологических и гидрогеологических исследованиях, некоторое распространение получил геоботанический метод. Последний основан на использовании растительного покрова в качестве показателя (индикатора) геологических и гидрогеологических условий. При этом для определения индикации распространения той или иной породы или типа подземных вод могут служить или отдельные, приуроченные к ним виды растений, или сочетания нескольких видов растительных сообществ.

Вопрос о возможности применения этого метода в геологии впервые был поставлен А. П. Карпинским в 1881 г., и этой датой было положено начало геоботаническим исследованиям для геологических целей. Несмотря на то, что целый ряд определенных видов растений приурочен к тем или иным горным породам и все эти факты геологической приуроченности были известны давно, тем не менее в этой области между ботаникой и геологией продолжал существовать некоторый разрыв.

Широкое использование аэрометодов при геологическом картировании оживило интерес к комплексным геоботаническим исследованиям, так как растительность оказалась одним из наиболее существенных элементов аэроизображения местности в условиях полупустыни, на болотах, в тундровой зоне и др.

При применении геоботанических исследований как метода геологического картирования по растительному покрову внимание исследователя-геоботаника сосредоточивается на изучении распространения растительных сообществ как показателя литологического состава подпочвенных пород и почвенного покрова.

Растительный покров на территории съемки может быть представлен одним видом растений или смешанными, крупными или мелкими, сильно или слабо различающимися по своему составу, резко выделяющимися или расплывчатыми, лишенными определенной формы и ориентировки или характерной формы и направления.

Этот геоботанический метод можно назвать геоиндикационным (и, соответственно, гидроиндикационным, когда геоботанические исследования сопровождаются гидрогеологическими работами), поскольку растительность в них выступает как индикатор горных пород и гидрогеологических условий.

В настоящее время применение геоботанического метода захватывает значительный круг вопросов, среди которых такие, как геологическое картирование, поиски определенных полезных ископаемых (битумов, солей и др.), распознавание отдельных литологических разностей пород, выяснение некоторых особенностей тектонического строения территории, определение средних глубин залегания и физико-химических особенностей грунтовых вод и ряд других.

Явления геологической приуроченности растительных сообществ были наблюдаемы в самых разнообразных зональных и ландшафтных условиях (предгорья Урала, Самарская Лука, степные просторы Украины, Кавказ, Азербайджан, западный Казахстан и др.), и здесь повсеместно прослеживается их определенная флористическая закономерность.

Весь процесс геоиндикационных исследований представляет собой в наиболее общей форме процесс обнаружения различий в растительном покрове на тех или иных породах.

Для составления литолого-геоботанической карты требуется в первую очередь выявить индикационное значение растительных сообществ. Для этого применяется ряд способов, среди которых основным является метод пробных площадок. Его сущность заключается в том, что на участке с определенным, ранее установленным литологическим составом пород, характеризующим известный стратиграфический возраст, тщательно исследуют растительный покров и почву. Обычно на таком эталонном участке проходят почвенный шурф, из которого отбирают образцы пород для дальнейшего химического анализа. На этих пробных площадках размером 16 м<sup>2</sup>, выбранных на эталонном участке, производят подробное описание растительности. Как правило, на каждом эталонном участке закладывают 5—6 пробных площадок по 16 м<sup>2</sup> и на каждой из них отмечают полный флористический состав, обилие и жизненность каждого вида в отдельности.

После геоботанического исследования нескольких эталонных участков обобщают фактический материал, составляют общие флористические списки, вычисляют коэффициенты общности и встречаемости видов, характеризующих ту или иную литологическую разность.

На наиболее интересных и трудных участках со сложным комплексным покровом применяют методы ключей. Последний заключается в том, что небольшую территорию (0,5—0,25 га) снимают в очень крупном масштабе (1 : 400, 1 : 250) и такую схему используют как эталонную для определения идентичности растительного покрова на других участках работ. Эта карточка-схема, или «ключ», является графическим изображением растительного комплекса-индикатора.

Обычно для каждой литологической разности характерны являются определенное растительное сообщество или группа сообществ; иногда индикатором определенных литологических разностей является комплекс растительных сообществ.

В основу применения геоботанического метода к изучению, например, песков разных типов положено то, что благодаря происхождению этих песчаных толщ—континентальному или морскому—они довольно резко отличаются по своему солевому комплексу даже в верхних почвенных горизонтах. Это в свою очередь вызывает появление различий в растительном покрове. Таким образом, по растительному покрову возможно судить о степени засоленности того или иного песчаного почво-грунта, а следовательно, косвенно и о возрасте данной песчаной свиты (фиг. 201, а).

Отложения, содержащие фосфориты, отмечаются особым типом растительности—кустарниковой полупустынной. Влияние гипсоносных пород, сказывающееся в вымывании гипса, ведет к возникновению на фосфоритоносных породах контрастной пятнистости (комплексности).

В комплексах комбинируются пышно развитая и пестрая растительность ковыльников и др., располагающаяся на ровных участках, и сообщество гипсолюбивых растений, лежащих обычно в западинках, где скапливается гипс.

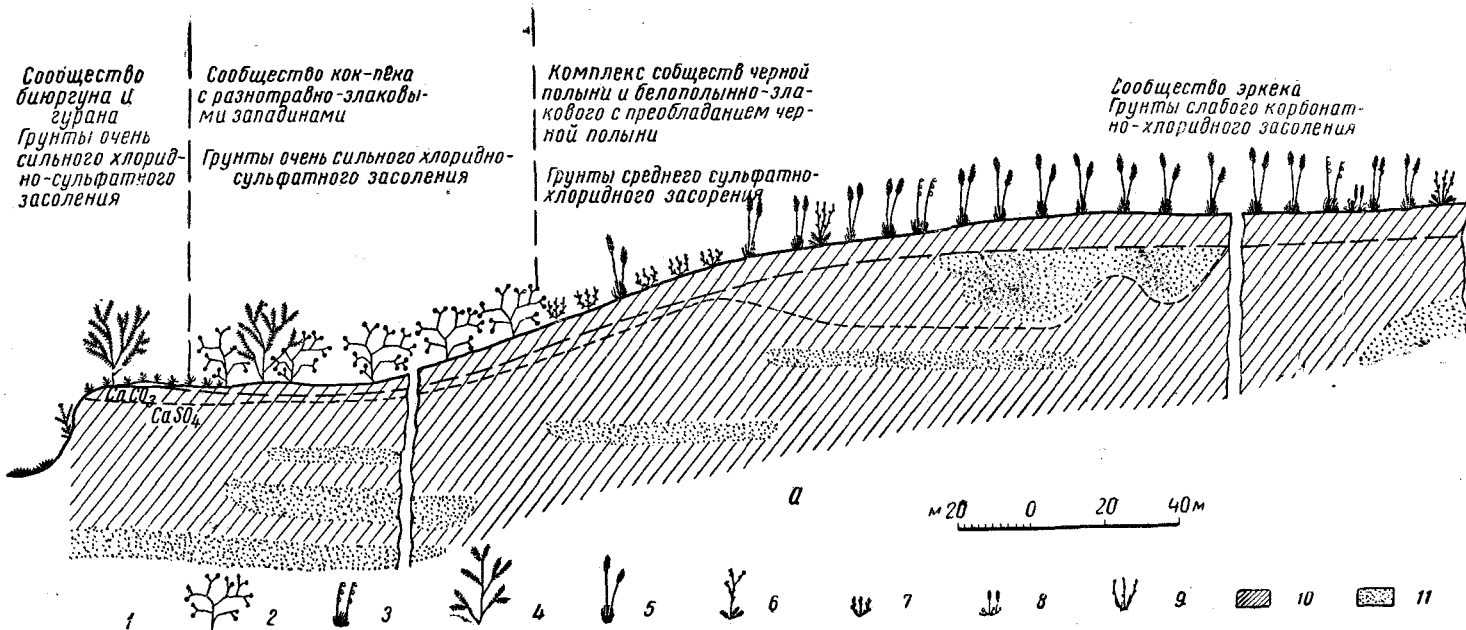
Можно рекомендовать геологам обращать внимание на распространение зарослей степных кустарников, имея однако в виду, что последние могут развиваться не только на фосфоритах в коренном залегании, но и на перемытых и переотложенных.

Для красных гипсоносных глин наиболее стойким и важным для опознавания и картирования их геоботаническим признаком являются наличие карликовых форм растительности.

Изучением отдельных растительных сообществ не исчерпываются возможности геоботанических исследований; несомненно, они более разнообразны и с учетом климатических факторов, повидимому, повсеместно могут характеризовать различные литологические комплексы пород.

В итоге этих исследований составляют геоиндикационную или гидроиндикационную схему, которая представляет собой сводную таблицу с указанием всех особенностей растительного покрова, позволяющих опознать ту или иную породу. В ней отмечают списки не только растущих видов на породе, но и черты растительного покрова (общий его облик), горизонтальную и вертикальную структуру, наличие особых форм (гигантских, карликовых и пр.).

В практике такого геоиндикационного картирования известные трудности вызывает иногда установление границ растительных сообществ, характеризующих литологические разности пород. Если граница проходит по склону, то растения, приуроченные к породам, лежащим гипсометрически выше, будут рассеиваться по ее делювию, спускаясь по делювиальному покрову на породы, лежащие гипсометрически ниже. Вследствие этого будет возникать



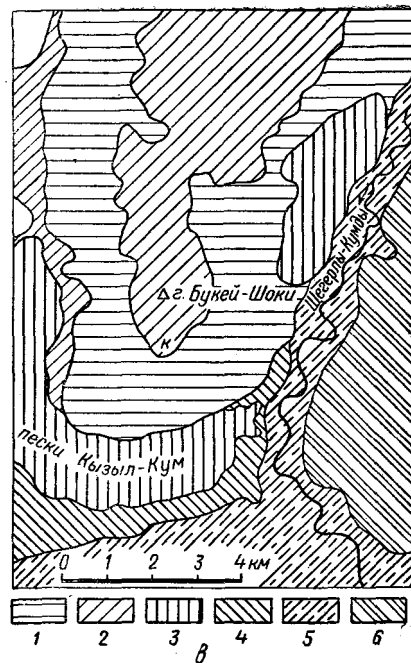
Фиг. 201a.

26 Н. И. Вуляков.

Графики обилия растений	Гребенщик (Tatarix) — 1 экз. на 100 м <sup>2</sup>									
	Кандым (Salsigoput) — 1 экз. на 100 м <sup>2</sup>									
	Бюрюгун (Apabosis Salsa)									
	Верблюжья колючка — 20 экз. на 100 м <sup>2</sup>									
	Поташник — 1 экз. на 100 м <sup>2</sup>									
Схематический профиль через долину р. Сыр-Дарья (по Викторovu С.В.)										
№ отрезка профиля		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Облик местности		Такыры	Солон- чакаво-тамыр- нижняя равнина	Солончако-Солон- чакаво-тамыр- нижняя равнина	Солончако-Солон- чакаво-тамыр- нижняя равнина	Барханный и полусухой плывные пески	Солончаковый тугай	Бар- ханы	Солон- чаковый тугай	Прибреж- ный тугай
Расстояние до зрелой воды		> 10	4,0	—	1,5	3,0	0,7	—	0,7	0,4-0,6
Гидравло- гические данные		—	Вода очень солёная	—	Вода солёная ватая	Вода пресная	Вода солёная	—	—	Вода пресная

Фиг. 201. Результаты геоботанической съёмки.

a — геоботанический профиль засоления песчаных отложений; 1 — сарсазан, 2 — кок-пек, 3 — тырса, 4 — сурая, 5 — эркек, 6 — кермен, 7 — черная полынь, 8 — изень, 9 — бюргун, 10 — суглинок, 11 — песок; б — геоботанический схематический профиль для определения литологических границ пород (по С. В. Викторovu); в — гидроиндикационная карта: 1 — злаково-разнотравная степь на песках при залегании пресных грунтовых вод на глубине 5—10 м, 2 — белополюнно-ковыльная степь на солонцеватых песках (грунтовые воды на глубине 8—12 м), 3 — комплекс с господством востреца и чагыра на песках поздних стадий развевания с неглубокой пресной водой, главным образом конденсационной, 4 — комплекс зарослей ивы, тростника, вейника на бугристых песках с грунтовой пресной водой, залегающей на глубине 0,5—1,0 м, 5 — заливные луга поймы р. Шегерлы-Кумды, 6 — комплексы новынной ассоциации и чернополюнно-востреповой на гипсоносных глинах с глубокими грунтовыми водами (более 15—20 м), к — рассеянные экземпляры тростника на контакте лесков и небольших прослоев глин.



некоторый разрыв между литологическими и геоботаническими границами, величину которого в полевых условиях можно определить путем профилирования.

В тех случаях, когда геоботаническую границу на местности провести затруднительно, по профилю через каждые 100 м закладывают несколько площадок (пять-десять) размерами от 1 до 100 м<sup>2</sup> и на них подсчитывают количество тех или иных видов.

В итоге составляют профиль (фиг. 201, б), где обилие видов выражается шириной черной полосы, а литологические границы отмечаются на основе резкого количественного обилия растений. Внизу указываются гидрогеологические данные.

На фиг. 201, в приведена гидроиндикационная карта.

Особого внимания заслуживают геоботанические исследования при поисках нефти и газа. Использование растительности как признака при поисках нефти — дело новое. Однако хорошо известно, что присутствие нефти и газа может иметь определенное влияние на видовой состав органического мира, населяющего породу вокруг нефтяной залежи.

На этом основан один из способов поисков нефти и газа — бактериологический метод. Признаком присутствия углеводородных газов здесь служит наличие в подпочвенных грунтах специфических видов бактерий, окисляющих метан, пропан, этан.

Существующие методы поисков нефти, основанные на определении в почве содержания битумов и сорбированных углеводородов, позволяют утверждать, что растения определенным образом реагируют на присутствие этих веществ, и отсюда растительный покров может быть использован как вспомогательный поисковый признак на нефть.

Успешное применение гумрина, содержащего большое количество нефтяных остатков, в качестве удобрения в работах А. Д. Гусейнова (1950 г.) является наиболее убедительным и бесспорным доказательством положительного эффекта битума как удобрения. Д. М. Гусейнов внесл гумрин (глину, употребляемую для отбеливания нефтяных масел) под хлопчатник, зерновые и овощные культуры. Урожайность хлопчатника под влиянием этого удобрения повысилась в среднем на 6,4 ц с 1 га, урожай озимого ячменя — на 13 ц с 1 га, урожай лука — на 11,4 ц с 1 га.

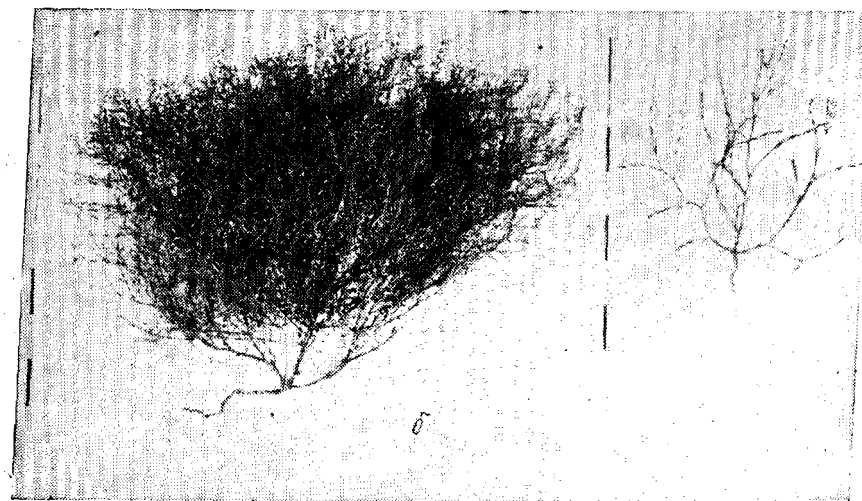
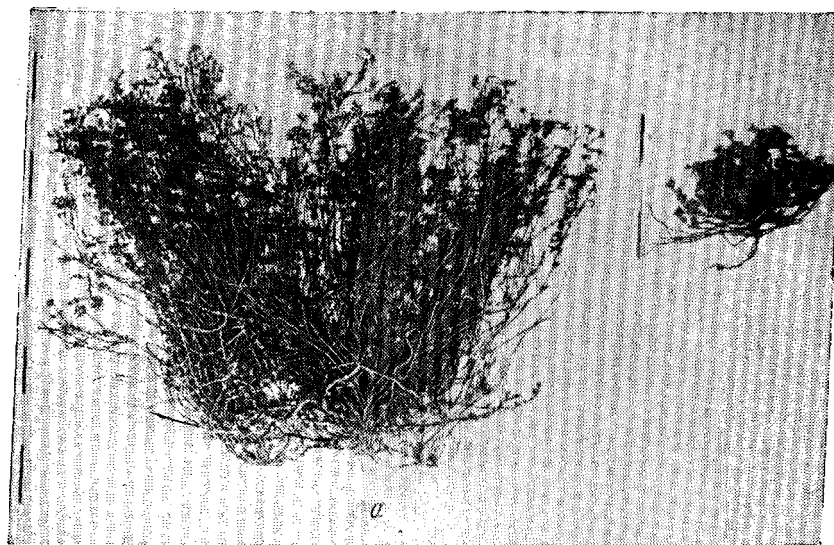
Работами геоботаника С. В. Викторова (1946—1951 гг.) доказано, что присутствие битумов в почве отражается на изменении внешнего облика широко распространенных видов растений при произрастании их на содержащих битумы породах. Наиболее яркой отличительной чертой этих растительных видов являются необычайная мощность и крупные размеры экземпляров.

Наблюдения над зарослями растительной формы шведки на битуминизированных породах, выразившиеся в биометрических измерениях (высота экземпляров и их наибольший диаметр, т. е. расстояние между наиболее удаленными концами двух противоположных ветвей), показали, что растительные формы приобретают вид высоких шарообразных кустов, настолько больших, что представляются крупным кустарником.

Растительные формы, приуроченные к битуминозным породам, характеризуются тем, что в сентябре—октябре они проходят вторично фазу цветения, кроме того, отмечаются массовая вторичная вегетация (т. е. появление осенних молодых листьев) и необычайная

мощность развития, выражающаяся в размерах дерновин, значительно превышающих нормальные.

Примерами развития растительных гигантских форм как показателя битуминозности пород могут служить виды, приведенные на фиг. 202, а, б. Справа для сравнения показана форма, произра-

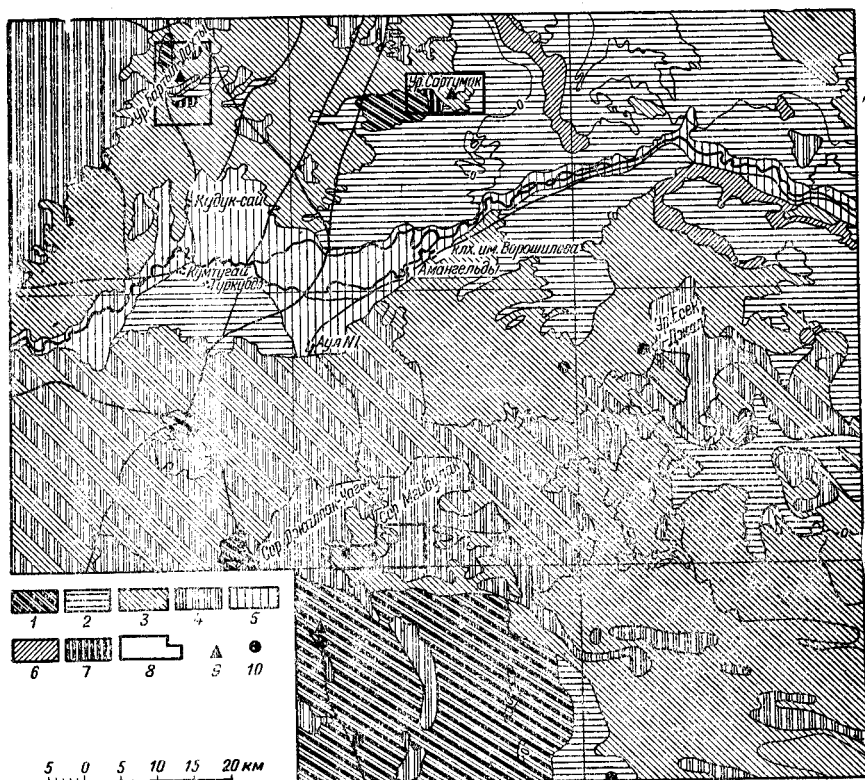


Фиг. 202. Гигантские формы растений как признак битуминозности пород. а — сайгачья трава (*Frankemia hirstuta*), распространена на засоленных породах (солончаках); б — петросимония, распространена на сильно засоленных породах. Справа для сравнения приведены обычные формы (масштаб одинаков).



стающая на обычных, не битуминозных породах. Таким образом, растительный покров при его изучении может служить индикатором битуминозности пород.

Результаты геоботанических исследований изображают в виде геоботанической карты (фиг. 203).



Фиг. 203. Геоботаническая карта.

1 — полыно-терескеновая формация на солонцеватых супесях; 2 — полыно-итчеченовая формация на засоленных суглинках; 3 — биоргуны на соленосных и гипсоносных глинах; 4 — соры с каймой сорсазана на увлажненных соленосных и гипсоносных глинах; 5 — тигрофитно-галофитные сообщества у родников и водоемов; 6 — комплексы с господством жир-тезена, тас-биоргуна и кок-пена на мелах и меловых шлейфах; 7 — эрнеково-полынная формация с участком разнотравия на незасоленных песках; 8 — площади с выходами коренных (докаспийских) пород; 9 — вторичное цветение и вторичная вегетация растений; 10 — явления гипертрофии (гигантизма) в растительном покрове.

В зависимости от целей геоботанического, геоиндикационного или гидроиндикационного исследования различают несколько типовых форм организации полевых работ. Наиболее простой является геоботаническая рекогносцировка, предпринимаемая для фиксации на карте каких-либо определенных интересующих геолога объектов (участков с битуминозными породами, с близкими грунтовыми водами, поиски фосфоритов, гипсоносных глин и гипсов). Таковую

работу выполняет небольшой геоботанический отряд (2—3 человека).

Более сложной формой является выборочное геоботаническое картирование, применяемое в условиях сильной задернованности и отсутствии естественных обнажений, затрудняющих проведение геологических границ. Эти исследования производят геоботаник и коллектор, включенный в состав геологической партии.

Наиболее сложной является сплошная геоботаническая съемка с целью составления литолого-геоботанической карты. Производить подобные работы можно только в закрытых районах с сильной задернованностью, малым количеством обнажений и без больших распаханых полей. Этот вид полевых наблюдений осуществляется специальной геоботанической партией, включаемой в состав геологической экспедиции.

## § 12. Геофизические методы и их роль в геологическом картировании

После Великой Октябрьской социалистической революции в Советском Союзе широкое применение получили геофизические методы разведки полезных ископаемых и в том числе нефтяных и газовых месторождений. Эти методы имеют целью выяснение геологического строения обследуемой площади или некоторых его особенностей путем изучения физических явлений, происходящих в верхних слоях земной коры. Таким образом, геофизические методы разведки по разрешаемым ею задачам входят в комплекс геологических исследований.

Все виды геофизических методов разведки основаны на различии физических свойств горных пород. Теоретическими исследованиями и данными непосредственных наблюдений установлено влияние самых различных горных пород в верхних слоях земной коры на такие физические явления, как сила тяжести, магнитная восприимчивость и др.

Поэтому тщательное изучение этих физических явлений дает возможность получить представление о составе горных пород, слагающих верхнюю часть земной коры, и даже выяснить условия их залегания.

Практическое применение в нефтяной разведке в настоящее время получили основные методы геофизической разведки: гравиметрический, магнитный, электрический, сейсмический и целый комплекс исследований в области промысловой геофизики.

Гравиметрическая разведка (или гравиразведка) основана на изучении распределения силы тяжести на поверхности земли.

Магнитная разведка (или магниторазведка) основана на изучении распределения магнитных сил на поверхности земли.

Электрическая разведка (или электроразведка) представляет собой совокупность нескольких методов исследования верхней части земной коры. Часть этих методов основана на изучении естественных электрических токов, возникающих в верхних частях земной коры.



Сейсмическая разведка (сейсморазведка) основана на изучении распространения в верхней части земной коры упругих колебаний (сейсмических волн). Источниками этих колебаний являются взрывы, производимые обычно в неглубоких буровых скважинах.

Область применения геофизических методов разведки весьма разнообразна. Геофизическая разведка решает ряд геологических задач, возникающих при поисках и разведке в СССР нефтяных и газовых месторождений, а также при проектировании разного рода сооружений для нефтяной промышленности. Основными среди них являются задачи, связанные с выяснением тектоники нефтеносных толщ как в масштабах отдельного месторождения, так и в пределах целых нефтеносных областей.

Задачи геофизических работ могут быть сведены в несколько групп.

1. Картирование пластов под наносами. Участки, перекрытые новейшими образованиями или находящиеся под водой, остаются не освещенными геологическим картированием. Применяемые для изучения таких площадей шурфовка или бурение во многих случаях с успехом могут быть заменены геофизическими работами. Чаще всего картирование пластов или пачек пород осуществляется электроразведкой, но иногда также магнитной разведкой.

2. Расчленение толщи осадочных пород. В процессе геологосъемочных работ обычно возникает необходимость получить сведения о разрезе толщи осадочных пород.

Электроразведка и сейсморазведка способны дать схему разреза отложений по данным, полученным на земной поверхности, не прибегая к бурению глубоких скважин. Сведения эти, конечно, выражаются в специфической характеристике толщ по их физическим свойствам и дают ориентировочное представление о литологическом разделении разреза, но не о геологическом их возрасте. Мощность отдельных толщ определяется приближенно и колеблется в пределах достаточно высокой точности. Примером таких работ являются исследования на территории Западно-Сибирской низменности, в Ферганской долине, в западной части Туркменской ССР.

При изучении тектонических структур геофизические методы дают довольно точные решения. Для этого достаточно применить один из методов геофизики, чтобы определение форм тектонических структур получило свое определенное решение. Такие работы, направленные на изучение тектонического строения, проводят во всех нефтеносных областях Советского Союза (в районах Второго Баку, западном Казахстане, на Украине, в Азербайджане и др.).

Большое значение имеют геофизические исследования при определении погребенного рельефа и строения кристаллического ложа осадочных пород. Внутреннее строение фундамента, т. е. смена в нем одних пород другими и простираение этих пород, выявляется по данным гравитационной и магнитной съемок. Эрозионный рельеф поверхности метаморфических пород фундамента платформы изучают электроразведкой и сейсморазведкой.

Нередко геофизической разведке поручаются также определе-

ние мощности наносов и выяснение формы поверхности коренных пород под ними. Необходимо подчеркнуть, что этот вид исследований, широко применяемый в нефтяной геологии и разведке, имеет крупное значение при поисках и других полезных ископаемых.

Геофизическая разведка прочно вошла в комплекс геологосъемочных и разведочных работ, применяемых в различных отраслях горной промышленности Советского Союза. Объем геофизических работ и область их применения ежегодно расширяются.

Все эти методы имеют большое практическое значение при региональных геологических исследованиях на больших территориях и при детальных съемках на площади отдельных нефтяных месторождений или участков.

### § 13. Аэрогеологические методы при геологическом картировании

Основная сущность всех аэрогеологических методов заключается в использовании авиации для ускорения выполнения различных видов наземных геологических наблюдений и улучшения качества геологических исследований.

При этом самолет используют для проведения аэрофотосъемки, на материалах которой производят геологосъемочные, аэровизуальные и геоморфологические наблюдения.

Аэровизуальный метод является вспомогательным в ряду других аэрометодов геологических исследований (аэрофотосъемка, аэромагнитная съемка и др.) и представляет собой комплекс различных геологических (орогидрографических, геоморфологических, гидрогеологических, литолого-стратиграфических) наблюдений, которые производят как с воздуха, так и на земле во время полевых посадок самолета. Полевые производственные посадки значительно расширяют возможности аэровизуального метода.

Аэровизуальные наблюдения — это производственный процесс, производимый геологом непосредственно с самолета, имеющий своей целью ускорить и дополнить исследования, выполняемые при геологических работах.

Преимущества аэровизуальных наблюдений заключаются в возможности в течение очень короткого времени получить представление о характере обнаженности и при благоприятных условиях о крупных геоструктурных элементах геологического строения; провести осмотр большого количества объектов при полетах на различной высоте, в различных масштабах, планах и при различном освещении.

Однако надо помнить, что этот вид наблюдений имеет и свои недостатки — невысокую точность документации производимых исследований вследствие быстроты смены объектов наблюдения во время полета, зависимость качества и достоверности наблюдений от субъективных впечатлений исполнителя и трудность контроля за качеством выполненных работ (при отсутствии материалов аэрофотосъемки).

Отсюда аэровизуальные исследования применимы при предварительном (рекогносцировочном) обследовании территории, запроек-

тированной под геологическую съемку, как дополнение к наземным маршрутным наблюдениям при геологической и геоморфологической съемках, при геолого-поисковых работах.

Нецелесообразно практиковать при современных технических возможностях «глазомерную съемку» с самолета, т. е. комбинировать устаревшие примитивные методы с достижениями современной техники.

Все перечисленные виды работ можно производить отдельно или в различных комбинациях. Вместе с наземными геологическими съемками они составляют единый аэрогеологический комплекс.

Комплексное геологическое картирование производят в масштабе 1 : 1 000 000 — 1 : 200 000; в районах же с благоприятными условиями геологического дешифрирования в масштабах 1 : 100 000 — 1 : 25 000 и крупнее. При геологическом комплексном картировании в масштабах от 1 : 50 000 до 1 : 1 000 000 масштаб аэрофото-съемки принимается в пределах от 1 : 20 000 до 1 : 35 000 (и как единый средний 1 : 25 000). При этом дешифрируются все элементы рельефа и значительная часть геологических объектов, входящих в состав геоморфологических и геологических карт указанных выше масштабов. Для территорий, запроектированных под геологическую съемку масштабов 1 : 500 000—1 : 1 000 000, а в ряде случаев и 1 : 200 000, где на подавляющей части площади эффективность использования аэрофотоснимков для геологического картирования низка, применяется аэрофотосъемка масштабов 1 : 40 000—1 : 60 000. При детальном геологическом картировании в масштабах крупнее 1 : 50 000 аэрофотосъемка производится в очень крупных масштабах (вплоть до 1 : 2000).

При производстве различного вида геологических работ используют следующие получаемые на различной стадии обработки аэрофотосъемочные материалы: аэрофотоснимки (контактная печать), репродукция накидного монтажа, фотосхемы, фотопланы, тополаны и карты (составленные на основе аэрофотосъемки).

Аэрофотоснимки являются контактными отпечатками с пленки, соответствуют масштабу самой аэрофотосъемки и имеют форматы 18 × 18 см, 24 × 24 см и 30 × 30 см (фиг. 204, а, б, в). Контактный отпечаток является первичной исходной топографической основой, отображающей все основные детали исследуемой территории, выражающейся в масштабе снимка. Всякий контактный отпечаток для практического использования должен характеризоваться следующими основными свойствами: иметь ориентацию относительно стран света; иметь определенный масштаб съемки, обозначенный на снимке; пара смежных плановых аэроснимков при соблюдении необходимого перекрытия должна иметь стереоскопический эффект; снимок должен реально отображать взаиморасположение и различные соотношения элементов рельефа; в местностях с хорошо обнаженной геологией аэроснимок должен отражать характерные особенности и окраску слоистых пород стратиграфического разреза, оттенки почвы и пр.

Для ориентации аэрофотоснимков относительно стран света необходимо выбрать по окружающей ситуации одну или несколько точек на снимке и расположить последний в соответствии с заметными направлениями, т. е. чтобы изображения их на снимке были параллельны положению их на местности. Направление магнитного меридиана определяется путем наложения компаса вдоль этих выбранных ориентиров.

Надо помнить, что лентосъемочные маршруты всегда располагаются в широтном направлении и ориентированы в отношении стран света так же, как и обычные карты. Порядковый номер снимка всегда обозначается в его северо-восточном угле.

Для дешифрирования аэрофотоснимков особенно важно знать масштаб съемки. В тех случаях, когда масштаб на снимке не обозначен, его можно определить графически. На местности или на имеющейся для нее карте в горизонталях опознают две какие-либо точки аэроснимка и измеряют расстояния между ними (на снимке и на карте или местности). Масштаб аэроснимка получается путем деления величины расстояния между опознаваемыми точками на снимке на величину действительного расстояния между ними, измеренного на местности (или карте).

Практически это решают путем применения номограммы (фиг. 205). На горизонтальной линии *A* отмечают расстояние, замеренное между точками наблюдения на местности. На второй горизонтальной линии *a* указывают расстояние между изображениями тех же точек на аэрофотоснимке. На вертикальной линии *A—a* дают различные масштабы.

Для определения масштаба соединяют прямой линией полученные значения *a* с соответствующими значениями *A*. В точке пересечения этой линии с вертикальной *A—a* прочитываем искомый масштаб снимка.

Отношение  $\frac{a}{A}$  характеризует также отношение фокусного расстояния объектива камеры *f* при съемке к высоте полета *H*:

$$\frac{a}{A} = \frac{f}{H} = M \text{ (масштаб).}$$

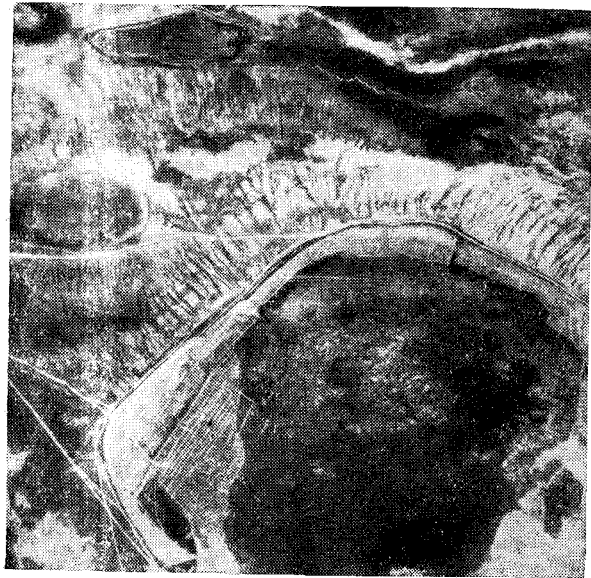
Например, при *f* = 100 мм и *H* = 3000 м = 3,10<sup>6</sup> мм масштаб равен 1 : 30 000.

На практике аэросъемку производят в масштабах от 1 : 5000 до 1 : 50 000 и даже 1 : 80 000.

При аэросъемке должны быть обеспечены: высокое качество фотографического изображения (резкость, контрастность); постоянство масштаба аэроснимков, т. е. постоянство высоты полета *H*; отсутствие значительных искажений, вызванных наклоном оси камеры (наклоны оси камеры не должны превышать 3°); постоянство продольного и поперечного перекрытий; прямолинейность маршрутов; правильность покрытия заданной площади; отсутствие разрывов («оконов»).

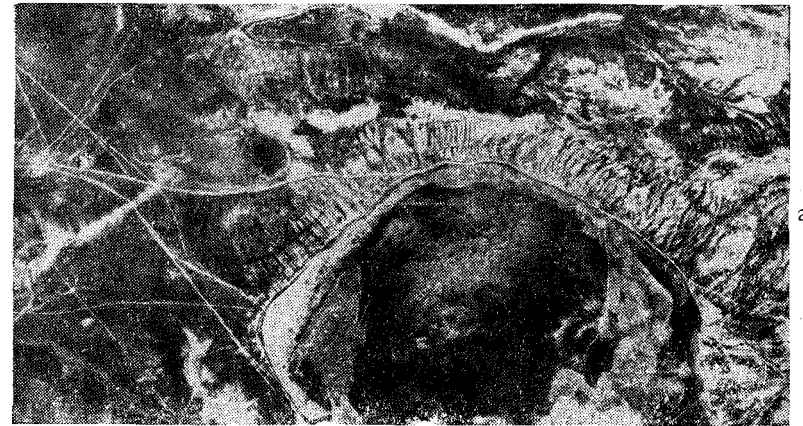
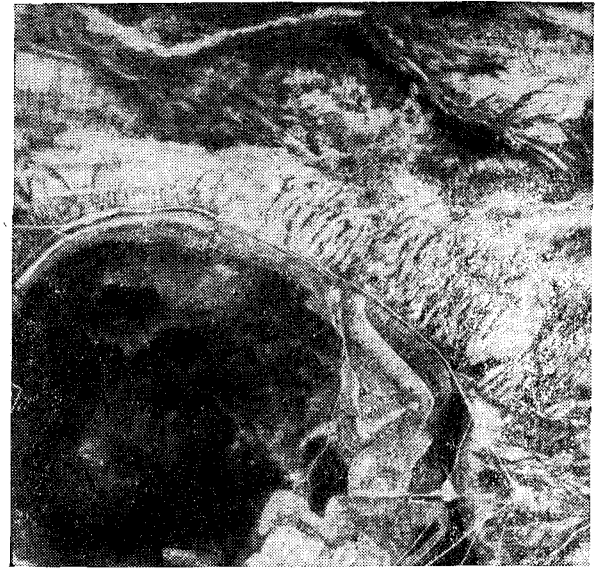


*a*



*б*

Фиг. 204. Аэрофотоснимки с изображением рельефа. Три смежных плановых контактных отпечатка (аэрофотоснимки) с изображением рельефа (*a, б, в*); *з* — репродукция панорамного монтажа аэрофотоснимков (*a, б, в*).



*з*

В итоге изучения горно-геологических факторов аэрофотоснимок должен непосредственно отражать основные элементы геологической карты, к которым относятся стратиграфия (свиты и характер их сложения, границы напластований, несогласия), тектоника (направление простирания свит, наличие складчатых и разрывных нарушений), геоморфология (характер рельефа, развитие дренажной сети) и др.

При площадной аэрофотосъемке аэрофотоснимки подбирают в виде комплекта, разложенного по трапециям масштаба 1 : 50 000, 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000 в зависимости от масштаба аэрофотосъемки.

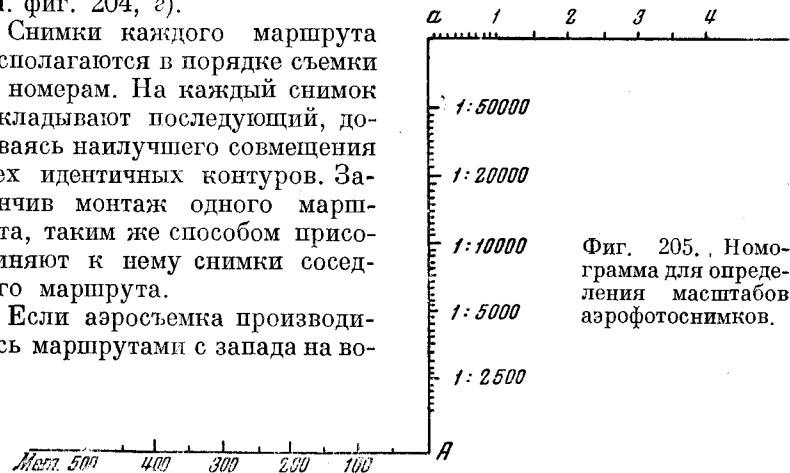
К каждому такому комплекту аэрофотоснимков прилагаются опись и справка, характеризующая условия съемки.

В последней отмечаются наименование предприятия, экспедиции, отряда, номер трапеции, масштаб аэрофотосъемки, время производства съемки (год, месяц, число, часы съемки), высота полета и другие сведения.

Контактные отпечатки подбирают или монтируют в той последовательности, в какой они получались во время полевой съемки; при этом непременным условием должно быть совпадение точек или контуров ситуации, находящихся в пределах маршрута съемки (см. фиг. 204, з).

Снимки каждого маршрута располагаются в порядке съемки по номерам. На каждый снимок накладывают последующий, добиваясь наилучшего совмещения всех идентичных контуров. Закончив монтаж одного маршрута, таким же способом присоединяют к нему снимки соседнего маршрута.

Если аэросъемка производилась маршрутами с запада на во-



сток, принято монтировать снимки слева направо в каждом маршруте и сверху вниз помаршрутно. Если аэросъемка производилась маршрутами с севера на юг, снимки монтируются сверху вниз в каждом маршруте и слева направо помаршрутно.

Увязав таким образом снимки по каждому маршруту, а затем по всем маршрутам в целом (а последние, как правило, располагаются параллельно друг другу и характеризуются между собой перекрытием до 60%), проверяют, нет ли разрывов между снимками по отдельным маршрутам или расхождений между соседними маршрутами. Составленный таким образом накидной монтаж при помощи горизонтальных и вертикальных линий разбивают на планшеты и затем фотографируют с целью получения репродукции, которая дает представление о характере и ситуации местности, а также для местонахождения того или иного контактного отпечатка.

Такие законченные репродукции накидного монтажа для геологических работ изготавливают в масштабе не мельче 1 : 100 000 при масштабах залета 1 : 25 000 — 1 : 60 000 и в масштабе 1 : 50 000 при масштабе залета крупнее 1 : 25 000. На репродукциях, предназначенных для полевых геологических работ, обозначаются номера листа и трапеции, название населенных пунктов, крупных рек, озер, горных вершин и прочих опорных пунктов.

Фотосхемы изготавливают из аэрофотоснимков в масштабе залета в виде сплошного мозаичного фотоизображения, занимающего в зависимости от масштаба аэрофотосъемки площадь трапеции масштабов 1 : 25 000—1 : 50 000 или 1 : 100 000.

Отпечатки наклеивают на плотный картон, при этом перекрывающиеся части снимков вырезают с таким расчетом, чтобы от каждого снимка осталась средняя часть, имеющая минимум искажений.

Таким образом, внешне фотосхема представляет мозаичную картину, составленную из вырезанных центральных частей аэрофотоснимков.

Фотопланы, топопланы и карты являются конечной, наиболее точной продукцией аэрофотосъемки, наилучшей основой для геологических карт, но ни в коей степени не заменяют при аэрогеологических работах аэрофотоснимки и фотосхемы.

Фотоплан монтируется из трансформированных снимков и является плановым изображением местности, точность которого примерно равна точности топографической карты соответствующего масштаба. Фотопланы составляют в рамках трапеций государственных топографических карт; на них подписывают номенклатурное обозначение трапеций, наносят координатную километровую сетку.

Фотоплан, на котором вычерчены топографическими условными знаками (дешифрированы) населенные пункты, дороги, воды и пр., называется фотокартой.

Фотоплан и особенно фотокарту используют так же, как и обычную топографическую карту.

#### Организация аэрогеологических исследований и методика выполнения аэровизуальных работ

Проведение аэровизуальных работ имеет три этапа: 1) подготовка к полетам; 2) аэровизуальные наблюдения в полете; 3) камеральная обработка наблюдений.

Подготовка к полетам складывается из геологической подготовки и проектирования самого полета. За время геологической подготовки изучают картографические и литературные материалы, на основании которых составляют общую сводную карту или схему (масштаба 1 : 500 000 или 1 : 100 000), на которую наносят все известные геологические контуры, элементы тектоники и характерные формы рельефа. На карте отмечают места, которые желательно осмотреть во время полета, и точки, намечаемые для осмотра на земле при специальных посадках. После составления предварительных геологических карт (и подборки фотосхем) проектируют аэровизуальные маршруты, исходя из дневного полетного времени и крейсерской скорости самолета (общая длина маршрута и места возможных внеаэродромных посадок). При этом важно, чтобы маршруты как можно чаще проходили через отчетливо наблюдаемые и заметные для пилота естественные ориентиры (озера, устья рек, населенные пункты, железнодорожные станции, мосты и пр.).

По своему характеру и целям все полеты разделяются на четыре группы: 1) обзорные (рекогносцировочные), 2) детальные (аэро-съемочные), 3) специального назначения и 4) вспомогательные.

Обзорные полеты совершают до начала наземных полевых работ с целью производства общего геологического районирования местности; при этом составляют карту обнаженности района для планирования наземных маршрутов и изучают дорожную сеть. Эти наблюдения ведут со средних высот без посадок в поле, и они имеют вспомогательное значение для наземных работ и для последующих детальных аэровизуальных наблюдений.

Детальные (аэросъемочные) систематические аэровизуальные полеты производят на основе площадной плановой аэрофотосъемки (геологическое картирование в масштабах 1 : 1000 000 — 1 : 100 000).

Работа строится и выполняется последовательно: аэровизуальные маршруты проектируются на фотосхемах масштаба 1 : 100 000 и располагаются между пройденными наземными маршрутами, данные которых к моменту полета должны быть отдешифрованы и перенесены на эти фотосхемы.

Проводя аэровизуальные наблюдения межмаршрутных пространств, опираясь на пройденные на земле маршруты и зная признаки для дешифрирования геологических и геоморфологических объектов, геолог производит необходимые наблюдения для точной увязки соседних наземных маршрутов.

Полетами специального назначения являются такие полеты, в которых самолет при геологических исследованиях используется как транспорт, с целью взятия специальных образцов и проб, специального обследования геологических и гидрогеологических объектов и т. д. Посадки производят в заранее намеченных пунктах, высоты полетов не устанавливают, маршрут прокладывают из расчета быстрейшего прибытия к намеченному объекту, геологические наблюдения ведут только попутно.

Этап полевых аэровизуальных наблюдений, особенно необходимый при геолого-съемочных работах, представляет собой контрольные и проверочные маршруты, проводимые в конце полевого сезона.

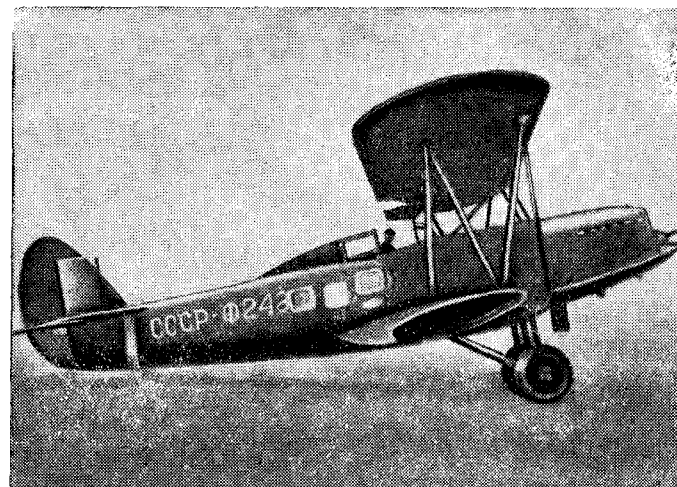
К вспомогательным относятся все полеты, не служащие целям геологической съемки, но связанные с работой партии или экспедиции.

Для проведения аэрогеологических наблюдений применяются самолеты легкого типа, не требующие для посадок специальных площадок (фиг. 206).

Особое значение при аэровизуальных наблюдениях имеет высота полета. Так, например, полет на очень небольшой высоте (ниже 200—250 м) при скорости самолета 100—120 км мало продуктивен, так как при слишком быстром прохождении в поле зрения наблюдаемых объектов геолог не успевает их достаточно подробно осмотреть

и задокументировать. Полеты на очень большой высоте для обычных аэровизуальных наблюдений также малопродуктивны, так как глаза наблюдателя плохо воспринимают разницу в относительных превышениях между отдельными возвышенностями и рельеф представляется плоским.

При необходимости равномерного аэровизуального изучения значительной площади устанавливают определенную густоту маршрутов. При расчете исходят из ширины рабочей полосы обзора, обеспечивающей зарание.



Фиг. 206. Самолет П-5, применяемый при аэровизуальных геологических съемках.

Под полосой этой съемки понимается максимальная ширина полосы наблюдения, которую можно видеть с самолета без перспективного искажения ее краевых частей. Ширина полосы съемки в первую очередь зависит от высоты полета.

Таблица зависимости между высотой полета и видимостью некоторых объектов (табл. 26) дает представление о ширине полосы съемки для равнинных районов. (О в е ч к и н Н. К. Самолет на службе геологии, 1947).

Из таблицы видно, что при ведении обзорных наблюдений с высоты 500 м в условиях равнинного рельефа ширина полосы съемки будет составлять в среднем около 40 км, т. е. по 20 км в каждую сторону от курса. При ведении детальных наблюдений с высоты 70—80 м ширина той же полосы составит приблизительно до 10—12 км, т. е. по 5—6 км в каждую сторону от курса самолета.

В среднем можно считать, что соотношение между относительной высотой полета и рабочей полосой обзора выражается как 1 : 10. Так, при полете на высоте 500 м рабочая ширина обзора равна 5 км (считая по 2,5 км в обе стороны от линии полета).



Зависимость между высотой полета и видимостью в км

Объекты наблюдения	Высота полетов, м						
	брю- щий	50	100	200	300—400	500—600	800
1	2	3	4	5	6	7	8
Мелкие степные обнажения, наблюдаемые в положительных формах рельефа	1,0	1,5—2,0	4,0	5	—	—	—
Обнажения с обрывистыми стенками	2	3—4	8	12—15	20	25	—
Бугристые пески площадью 10×10 м	3	5	10	12—16	20	25	—
Отдельные пресные и соленые озера диаметром до 2,5 км	2—3	6	8	10	15	20	—
Болото, покрытое растительностью, диаметром до 6 км	3	8	10—12	15	20	25—30	35
Площадные ориентиры диаметром 2—3 км	2—3	5	8	12	15	До 20	25
Районные центры	3	5	8	10—12	15	15—20	25
Мелкие населенные пункты	1,5	3	5	6—8	10	12	15
Полевые дороги	0,5	2	4	5—6	8	10—12	—

В этом случае маршруты должны быть расположены на расстоянии 5 км друг от друга.

Лучшее время года для аэровизуальных работ зависит от климатических особенностей, характерных для того или иного района. Особенности эти определяются средним количеством ясных и безветренных дней, отсутствием осадков и туманов, приходящихся на месяцы бесснежного периода года. Кроме климатических условий, учитывают и другие обстоятельства, например, когда на деревьях отсутствует листва и на залесенных участках возможно видеть не только мелкие обнажения и рельеф, но и геологические структуры.

Лучшим временем дня для полетов являются утренние (5—9 час. утра) и послеполуденные часы (после 3 час. дня). В эти часы воздух отличается наибольшей прозрачностью, и в районах со сглаженным, слабо расчлененным рельефом в это время лучше всего производить наблюдения, так как косые лучи резче подчеркивают все мелкие детали рельефа. В высокогорных районах, наоборот, излишне глубокие и резкие тени при низком солнцестоянии часто мешают наблюдениям и заставляют выбирать для полетов полуденные часы.

Выбор высоты полета обуславливается производственным заданием аэровизуальных наблюдений.

Расстояние между отдельными пунктами наблюдений в полете определяют на основе масштаба времени, исходя из средней скорости полета самолета, учитывая при этом также и изменения ее. Перед полетами геолог передает штурману или летчику топографическую карту или схему с запроектированной линией маршрутов, с данными ориентировки, указанием высоты полета и местами проектируемых посадок. На основании этих данных штурман или пилот производит расчет прокладки курса.

При аэровизуальных полетах экипаж самолета ведет на отдельных бланках специальный бортовой журнал, в котором отмечаются целевое задание полета, обследованная территория (номера листа и трапеции, наименование района, исследованная площадь в квадратных километрах), а также атмосферные и производственные условия полета (облачность, ветер, дождь, температура воздуха, состояние материальной части самолета во время полета, условия видимости и т. д.). Копия бортового журнала прилагается геологом к отчетным полевым материалам по аэровизуальным работам. Бортовой журнал является отчетным документом экипажа самолета, подписывается всеми участниками полета и по окончании работ передается начальнику экспедиции.

Экипаж обязан произвести перед вылетом проверку готовности самолета к полету в соответствии с техническими требованиями, иметь необходимый аварийный запас продовольствия, оружие, палатку, а при полетах на гидросамолете резиновую лодку с веслами. При работе в ненаселенных, пустынных, горно-таежных и тундровых районах самолет обеспечивается радиосвязью.

Рабочее место геолога-наблюдателя в самолете защищено от ветра, удобно для сидения и оборудовано всем необходимым для быстрой и непрерывной работы.

Перед сиденьем находится съемный столик с устройством для перемотки и закрепления рабочих карт и фотосхем с гнездами для карандашей и резинок. На специальном щитке перед столиком смонтированы авиакомпас, альтиметр, часы и термометр. В специальных бортовых гнездах помещаются фотоаппараты типа К-20 и ФЭД с набором светофильтров и запасных кассет, а также бинокль с 8—12-кратным увеличением. Для записи всех наблюдений геолога во время полета используется портативный магнитофон. Это позволяет геологу заменить свои краткие записи в дневнике подробным описанием всего наблюдаемого, не отрывая взгляда от объекта наблюдения, на звукозаписывающей магнитной ленте.

С того момента, когда аэроплан поднимается с земли, внимание геолога-наблюдателя должно быть направлено на решение двух задач: 1) аэровизуальные наблюдения и связанное с ними фотографирование с составлением полетной геологической документации и 2) ведение детальной ориентировки. Практически это заключается в том, что геолог ведет наблюдения за геологическим строением полосы съемки, фиксирует обнаженность, характер выходов и литологию породы, а также производит геоморфологические и гидрогеологические наблюдения. При обнаружении большого разреза

или небольшого, но интересного обнажения геолог дает указания пилоту снизиться и внимательно осматривает разрез с брешющего полета. Обычно делается несколько кругов над разрезом, так как с первого захода не всегда удается рассмотреть детали. Если осмотр с брешющего полета не удовлетворяет геолога, то поблизости от обнажения выбирается посадочная площадка и дальнейший осмотр разреза идет наземным путем.

Посадка занимает иногда значительное время, т. е. производится подробное обследование местности в радиусе до 3 км. Кроме того, посадку используют для подробных записей, оформления схем, зарисовок и т. д.

По окончании наземного обследования самолет снова взлетает, и дальнейшие наблюдения продолжают аэровизуальным путем с различных высот до следующей посадки. Расстояния между посадками могут колебаться в значительных пределах в зависимости от строения района.

Камеральную обработку аэровизуальных наблюдений производят обязательно сразу же после окончания полета. Последняя заключается в расшифровке условных обозначений и пометок на карте, дешифрировании и увязке материалов наблюдений на фотосхемах, зафиксированных в полете, с данными наземных маршрутов. Через радиоприемник воспроизводят записи, сделанные магнитофоном, которые затем в отредактированном виде записывают в чистовой журнал. Исправляют схематические зарисовки, проявляют и нумеруют все аэрофотоснимки, которые точно наносят на карту или фотосхему. Последующие полеты без обработки предыдущего полета не допускаются.

#### Обработка аэрофотоматериалов

Все работы, связанные с обработкой и использованием аэрофотосъемочных материалов, разбивают на три последовательных этапа: 1) предварительная камеральная обработка; 2) полевые работы; 3) окончательная камеральная обработка.

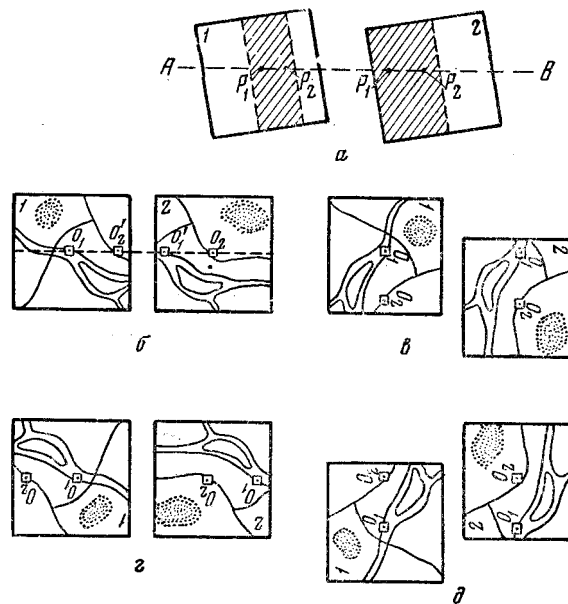
Предварительная камеральная обработка является обязательным этапом и должна предшествовать полевым работам. Она заключается в предварительном дешифрировании аэрофотоснимков и составлении предварительных геоморфологических, геологических или инженерно-геологических карт или схем.

При предварительном дешифрировании используют все имеющиеся по данному району литературные и картографические материалы, а также соответствующие материалы по соседним районам, сходным с интересующей площадью по своим физико-географическим условиям и геологическому строению.

Основы дешифрирования аэроснимков в первую очередь базируются на определении при помощи стереоскопа стереоскопического эффекта, который позволяет видеть пространственную стереомодель исследуемой территории до мельчайших деталей.

Для получения стереоскопического эффекта контактные отпечатки при просмотре их под стереоскопом должны быть соответствующим образом взаимно ориентированы. Основные правила такой ориентации заключаются в том, что стереоскопически можно рассматривать лишь такие два смежных снимка, которые характеризуют один участок местности; при этом снимки в стереоскопе надо размещать таким образом, чтобы съемочный базис (т. е. линия, соединяющая главные точки двух снимков) представлял прямую линию и был параллелен зрительному базису наблюдателя.

Практически такая ориентация снимков относительно друг друга легко уясняется из приведенного примера (фиг. 207, а). Под стереоскопом размещают два смежных (соседних) аэрофотоснимка одного и того же лентосъемочного маршрута, причем линия АВ представляет направляющую прямую, параллельную зрительному базису наблюдателя. Перекрывающиеся части обоих снимков на схеме заштрихованы. Точки  $P_1$  и  $P_2$  представляют собой главные точки снимков.  $P_1$  — изображение на снимке втором главной точки снимка первого, перенесенной на него путем опознавания деталей, а  $P_2$  — главная точка снимка второго, определенная таким же путем опознавания. Для получения отчетливого стереоскопического



Фиг. 207. Камеральная обработка аэрофотоснимков (дешифрирование)

а — ориентация двух смежных аэрофотоснимков при изучении под стереоскопом; б — правильное расположение аэроснимков в стереоскопе; начальные направления снимков находятся на одной линии, параллельной базису зрения наблюдателя ( $\varphi = 0^\circ$ ); в — неправильное расположение ( $\varphi = 90^\circ$ ), изображение плоское; г — правильное расположение ( $\varphi = 270^\circ$ ), изображение плоское; д — неправильное расположение ( $\varphi = 180^\circ$ ), обратный стереоскопический эффект (псевдоскопия); е — тренировка в получении стереоэффекта.

е — тренировка в получении стереоэффекта.



ского эффекта все указанные точки на обоих снимках должны лежать на одной прямой  $AB$ , строго параллельной также оси стереоскопа. Эта линия называется линией начального направления.

Стереоскопический эффект может быть получен при рассмотрении общих частей двух смежных перекрывающихся аэроснимков. При рассмотрении в стереоскоп двух контактных отпечатков с одного и того же негатива стереоскопический эффект получить нельзя.

При изучении аэроснимков наблюдатель должен заметить идентичные точки и контуры на перекрывающихся частях снимков и, двигая руками один или другой снимок, добиться стереоскопического совмещения двух изображений. Начальные направления обоих снимков должны быть расположены на одной прямой линии, параллельной базису зрения наблюдателя (т. е. угол  $\varphi$  между линией начальных направлений и базисом зрения равен нулю) (фиг. 207, б).

Если правильно расположенные снимки начать одновременно вращать вокруг их центров, то при  $\varphi = 90^\circ$  и  $\varphi = 270^\circ$  изображение будет казаться плоским, т. е. стереоэффект пропадет (фиг. 207, в, г). При  $\varphi = 180^\circ$  получается обратный стереоскопический эффект, т. е. возвышенности будут казаться впадинами и наоборот (фиг. 207, д). Обратный стереоскопический эффект получается также, если поменять местами левый и правый снимки, не поворачивая их.

Тренировка в получении стереоэффекта. Стереоскоп обеспечивает раздельное видение левым и правым глазами соответствующих снимков. Однако для получения стереоэффекта надо научиться сводить изображения, видимые левым и правым глазами, в одно—стереоскопическое.

Для тренировки и получения стереоэффекта вначале пользуются двумя карточками белой бумаги с нанесенными на них черными кружками равного диаметра (около 1 см). Карточки кладут в стереоскоп, как показано на фиг. 207, е. Смотри в стереоскоп и передвигая карточки, добиваются совмещения двух черных кружков в один. Достигнув совмещения, двигают плавно одну карточку параллельно линии базиса зрения и стараются удержать впечатление совмещенного изображения. При сближении или удалении карточек кружок будет казаться удаляющимся или приближающимся. После этого отводят глаза от стереоскопа, а затем вновь смотрят в стереоскоп и стараются быстро получить стереоэффект.

После удачных опытов с карточками переходят к упражнениям в стереоскопическом рассмотрении специальных таблиц, а затем аэроснимков. Вначале выбирают снимки с достаточным продольным перекрытием (не менее 60%) и с резко выделяющимися контурами на площади перекрытия и добиваются совмещения именно этих четких контуров.

При монокулярном рассматривании снимков пользуются лупами, дающими 4—5-кратное увеличение. При большем увеличении получается нерезкое изображение.

При этом дешифрируются гидрогеологическая сеть, рельеф (различные морфологические типы), растительность, обнажения, осыпи, останцы горных пород, конуса выносов, а также все структурные элементы и формы (элементы залегания пород, типы складок, нарушения, границы несогласий и др.).

#### Полевые работы

При проведении полевых работ все наземные и аэровизуальные маршруты располагают таким образом, чтобы пересечь такие характерные участки, где параллельно с геологическими и геоморфологическими наблюдениями устанавливают и проверяют все возможные признаки для дешифрирования тех или иных объектов и явлений.

При этом взаимно увязывают следующие данные: литологическую характеристику, цвет горных пород и их физико-геологические свойства (слоистость, зернистость, трещиноватость и пр.), мощность пластов, свиты, условия залегания их, структурные особенности (характер складчатости и тектонических нарушений), характер рельефа, расчлененность, абсолютные и относительные высоты, особенности мезо- и микрорельефа, генетический тип рельефа, рисунок гидросети, обнаженность, почвенный и растительный покров, общий рисунок поверхности.

При полевых работах используют контактные отпечатки с репродукциями накладных монтажей, фотосхемы или фотопланы и топопланшеты, составленные на материалах аэрофото съемки.

Перед выходом в маршрут, пользуясь накладным монтажом, отбирают нужные снимки и укладывают их стопкой по номерам. Удобно иметь два отделения в полевой сумке и при работе постепенно перекладывать использованные снимки из одного отделения в другое. Фотосхемы благодаря своей обзорности позволяют производить дешифрирование на значительном расстоянии от непосредственного маршрута, увязывая при этом полученные данные с результатами дешифрирования по соседним маршрутам. Вся рисовка и все отметки во время маршрутов производятся на фотосхемах и аэроснимках тонко оточенным простым (чертежным) и цветными карандашами. Для этого используют обратную сторону аэроснимка или специальную восковую, прикрепленную к лицевой стороне снимка.

Пункты наблюдения (например, обнажения), опознанные на снимке, накалывают (или вдавливают) тонкой иглой; с обратной стороны снимка накол обводят кружком и подписывают номер точки. Для полевой работы удобно иметь снимки, отпечатанные на матовой бумаге, так как на ней лучше ложится карандаш. Все записи производятся в полевой книжке.

После маршрута вся площадь как вдоль маршрута, так и между соседними маршрутами просматривают под стереоскопом.

После внесения всех исправлений, дополнений и увязки смежных маршрутов весь материал переносится на чистой экземпляр фотосхемы, который и является основной отчетной полевой картой. При этом все опорные данные закрепляют черной и цветной тушью. В первую очередь наносят номера обнажения и точки наблюдения, затем элементы залегания, линии маршрутов, линии аэровизуальных полетов, места взятия проб, находки фауны, места наземных фотоснимков, линии разрезов, высотные отметки и т. д.

При составлении геологической карты на этих фотосхемах протягивают границы между геологическими свитами и отложениями, линии нарушений, контуры четвертичных отложений и т. д. При этом внутренние контуры различных объектов с целью сохранения фотоизображения не закрашивают, а лишь очерчивают и обозначают условными индексами.

#### Окончательная камеральная обработка

При камеральных работах все окончательные карты (геологические, геоморфологические и др.) составляют на топографических картах с рельефом, составленных стереометрическим путем на основе материалов аэрофотосъемки.

При геологическом картировании территории с хорошими и удовлетворительными условиями для сплошного площадного дешифрирования и особенно для районов с хорошо прослеживаемыми на аэрофотоснимках геологическими структурами в качестве основного фактического материала к окончательному отчету по аэрогеологическим работам составляют альбомы отдешифрированных фотосхем на всю закартированную площадь. Фотосхемы (или фотопланы), изготовленные в виде репродукций в масштабе не меньше 1 : 100 000, оставляют чистыми, а все данные дешифрирования, оформленные в виде готовых карт или схем, составляют на прозрачных восковках и точно накладывают (совмещают) по отдешифрированным контурам на фотосхемы.

В зависимости от характера комплексности и степени графической нагрузки на каждую фотосхему может быть составлено и наложено по 2—3 отдельных восковки, каждую из которых подклеивают одним краем к одной из сторон фотосхемы. Так, например, при комплексной геологической съемке отдельные восковки могут отражать геологическое строение, геоморфологию и гидрогеологию данного района. В зависимости от назначения геологических работ на таких же восковках могут быть даны структурные, тектонические и другие карты и схемы.

В качестве важного иллюстрированного материала к отчетам по аэрогеологическим работам служат перспективные аэрофотоснимки. Составленные из таких перспективных аэрофотоснимков панорамы служат прекрасной основой для блок-диаграмм, являю-

щихся наилучшим документальным материалом для соответствующих описаний в отчетах и иллюстраций отдельных мест на картах.

Для лучшего понимания взаимосвязи отдельных свит и их комплексов непосредственно на аэрофотоснимке наносят узкой полоской геологическую колонку или составляют геологический профиль, геологические границы которых отдешифрированы непосредственно на аэрофотоснимке.

Наиболее рациональна практика составления на восковках, подклеенных одним краем к аэрофотоснимку, площадных геологических или геоморфологических карт с нанесенными данными дешифрировки, которые можно давать в красках или штрихах.

#### Геологическое дешифрирование

**Дешифрировочные признаки.** Дешифрирование аэрофотоснимков заключается в выявлении на них отдельных форм и элементов рельефа, различных геологических образований, структур, разрывных нарушений и др. Для этого используются так называемые прямые и косвенные признаки.

Прямыми являются признаки, непосредственно относящиеся к дешифрируемому объекту, например геометрические признаки, границы, площадная конфигурация и объемные формы объектов, фототон дешифрируемого объекта и пр.; косвенными являются такие, которые обычно отражают какой-либо другой объект, находящийся в тесной взаимосвязи с интересующим нас объектом.

Благодаря значительной изменчивости дешифрировочных признаков большинство геологических и геоморфологических объектов дешифрируется не по одному какому-либо признаку, а по целому ряду как прямых, так и косвенных признаков, в результате чего приобретает достаточную уверенность в правильности сделанных выводов дешифрирования.

При дешифрировании рисовку на аэрофотоснимках производят через снимок (на четных или нечетных номерах) с таким расчетом, чтобы рядом с отдешифрированным снимком оставался чистый снимок. Снимок дешифрируют в центральной части каждого аэрофотоснимка, избегая его краев, где наблюдаются наибольшие искажения.

Отдешифрированные на аэрофотоснимках контуры и объекты переносят на фотосхемы и фотопланы. Поэтому контуры должны быть хорошо увязаны между собой. При этом целесообразно оставлять аэрофотоснимки чистыми, т. е. без нанесения на них условных знаков. При дешифрировании пользуются прозрачной бумагой — калькой (восковкой). Для дешифрирования на правый снимок накладывают восковку и, пользуясь стереоскопом, производят на ней рисовку контуров. Это не мешает получению стереоскопического изображения и не уменьшает его резкости.

Геологическое дешифрирование заключается: а) в выявлении и прослеживании на аэрофотоснимках контурных границ распространения различных горных пород или определенных горизонтов и свит, состоящих из пород различного состава, но обладающих

общими характерными признаками для их дешифрирования, б) в выявлении, прослеживании и анализе различных стратиграфических и тектонических взаимосвязей как между отдельными горными породами, так и их комплексами; в) в определении и анализе физико-геологических процессов, имеющих место и протекающих в настоящее время среди различных горных пород и получивших свое отражение на аэрофотоснимках.

При геологическом дешифрировании выделяют литологические типы горных пород, отдельные их стратиграфические комплексы и взаимосвязь.

Выделяют так называемое литологическое дешифрирование, которое производят в районах с хорошей и отличной обнаженностью. На аэрофотоснимках выделяют пески, песчаники, глины, известняки, доломиты, мергели, кристаллические сланцы, кварциты, метаморфические сланцы, интрузивные и жильные изверженные породы, пластовые дайки, покровы эффузивных пород и др.

При структурном дешифрировании устанавливают элементы залегания горных пород, определяемые с учетом различных случаев выхода пласта на поверхность в зависимости от величины угла его падения в условиях расчлененного рельефа.

Различные типы складок дешифрируются по формам рельефа, характеру распределения речной сети, строению речных долин и отображению на аэроснимке различных пластов горных пород в их стратиграфической последовательности (при наличии маркирующих пластов), по приуроченности определенных физико-геологических процессов, почвенного и растительного покрова к отдельным породам или свитам дешифрируемой структуры.

В условиях хорошей дешифрируемости на аэрофотоснимках выделяются горизонтально и моноклинально залегающие пласты пород различной мощности, антиклинальные и синклинальные складки, а также различные случаи стратиграфического несогласия между свитами различного состава и возраста.

При дешифрировании разрывных нарушений лучше всего прослеживаются трещины молодых разломов и трещины отдельности. Часто очень хорошо дешифрируется ложная сланцеватость, которая иногда затушевывает истинную слоистость пород.

Литологическое дешифрирование может заменить дешифрирование стратиграфических комплексов. При этом чем меньше масштабы аэрофотоснимков и заданный масштаб геологической карты, тем элементы дешифрирования по стратиграфическому признаку являются преобладающими, а литологическое дешифрирование занимает подчиненное положение.

Основными признаками для дешифрирования стратиграфических свит или толщ служат:

а) определенная литологическая перемежаемость различных пород, отличных своим цветом (например, белый мел сенона, черные глины акчагыла и др.), а также наличие так называемых маркирующих горизонтов (например, прослой вулканических пеплов

в акчагыльском ярусе на Апшеронском полуострове и других районах Азербайджана;

б) условия залегания и общий характер дислоцированности толщи; проявление характерного рисунка, вызванного трещинной тектоникой (сланцеватость и т. д.);

в) характерные формы рельефа, развивающиеся на поверхности дешифрируемой толщи вместе с образованием специфического рисунка мелкой гидросети, отчетливо наблюдаемой на фиг. 208.

Четвертичные отложения дешифрируют одновременно с дешифрированием геоморфологических особенностей, при этом особенно четко выделяются элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, ледниковые, лимнические (пресноводные озерные) и эоловые отложения.

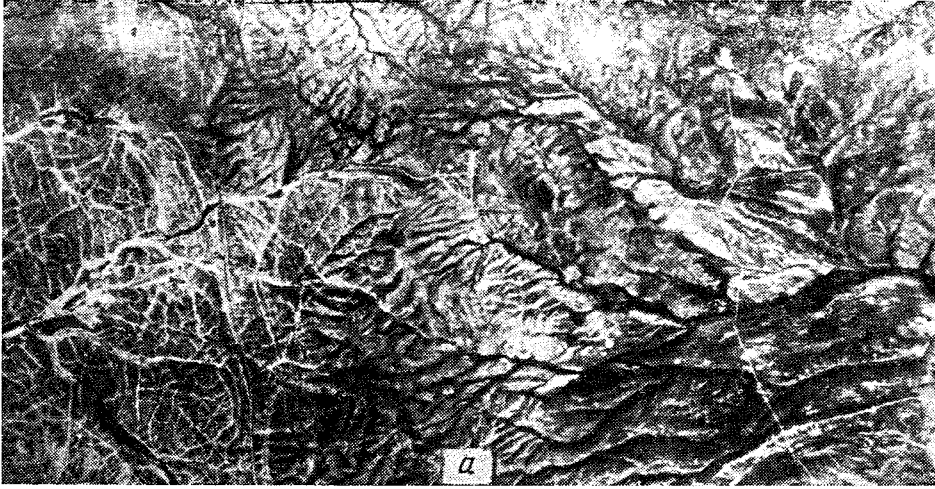
Геоморфологическое дешифрирование. Задачей геоморфологического дешифрирования являются: а) выявление и оконтуривание границ различных форм и элементов рельефа; б) изучение процессов рельефообразования; в) восстановление истории развития рельефа и его современной эволюции в связи с геологическим строением; г) изучение новейших тектонических движений.

При геоморфологическом дешифрировании особое внимание уделяют элементам рельефа — формам водоразделов, конфигурации их в поперечном и продольном разрезе, мезо- и микрорельефу, структурно-денудационным и эрозионно-денудационным ступеням и пр. В речных долинах, озерах, морских берегах внимание наблюдателя концентрируется на распределении речных бассейнов и отдельных долин по отношению к характерным формам рельефа и известным геоструктурным элементам (связи с элементами залегания горных пород, с формами складок и линиями разрывов, трещинной тектоникой, особенностями литологического состава пород).

Карстовые формы рельефа дешифрируют и определяют с воздуха вполне отчетливо. Признаками для опознавания карста служат карстовые воронки, карстовые озера, внезапное исчезновение поверхностных потоков на некоторых участках речных долин и др.

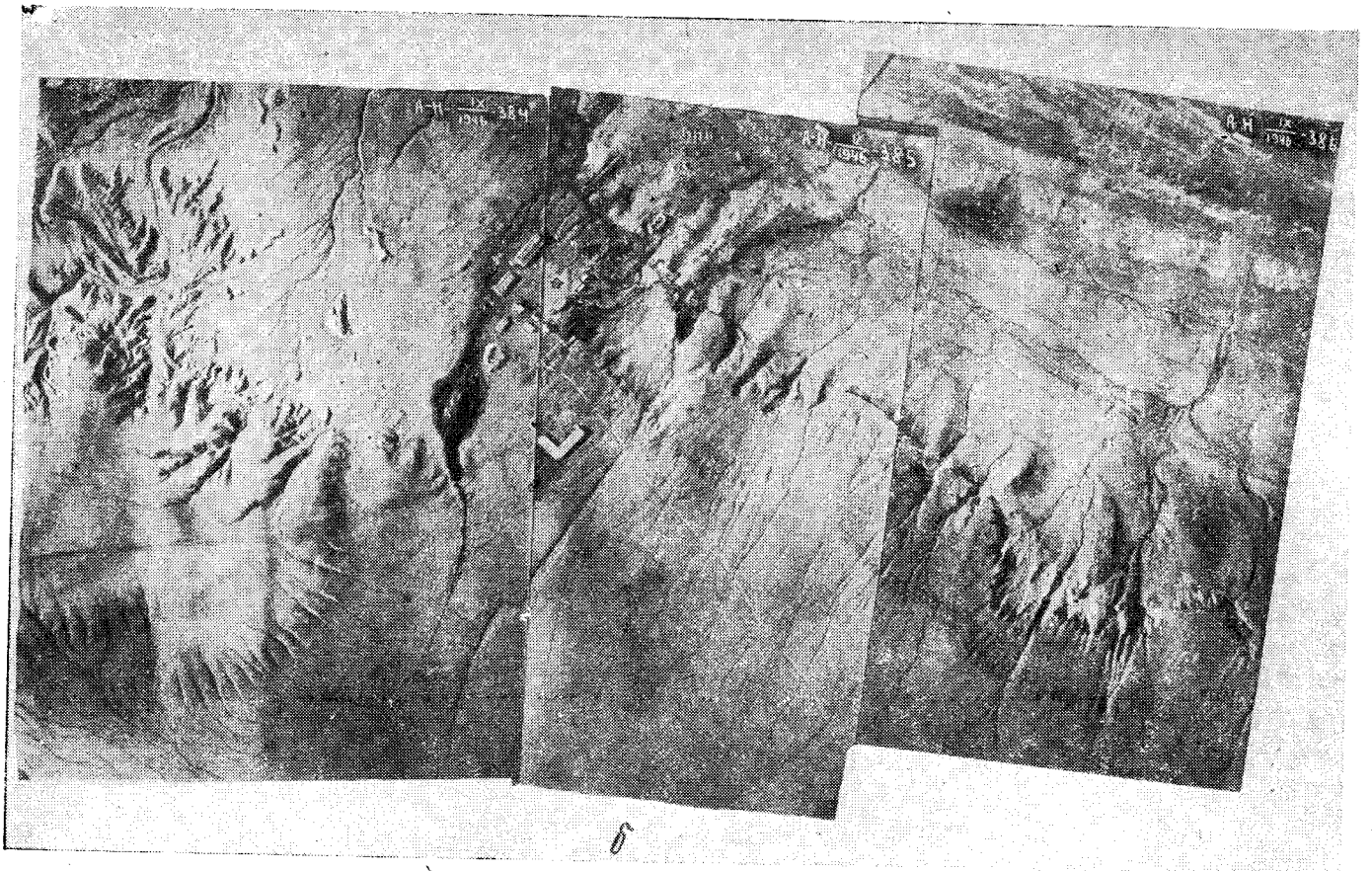
Эоловые формы рельефа отчетливо дешифрируются и наблюдаются в рельефе (грядовые, бугристые, ячеистые, барханные пески и т. д.). При изучении внимание исследователей должно быть концентрировано на таких деталях, как конфигурация отдельных гряд, бугров, барханов или дюн для установления направления господствующих ветров; распределение и тип приуроченной к пескам растительности, а также проявление современного эолового процесса на поверхности песков.

Широкое внедрение аэрогеологических методов на огромнейших просторах нашей Родины, характеризующейся огромным разнообразием природных условий, требует в каждом отдельном районе своих специфических приемов и соответственно этому материально-технического оснащения аэрогеологических работ.



Фиг. 208. Характерные формы рельефа, наблюдаемые при геологическом и геоморфологическом дешифрировании.

а — расчлененный, гористый; б — равнинный, сглаженный.



В связи с этими основными задачами на ближайшее время в области дальнейшего развития и практического использования аэрометодов при геологических исследованиях являются следующие.

1. Аэрометоды, ориентированные на определение физических свойств природных объектов (форма, размеры, цвет, яркость и др.) с широким внедрением цветной фотографии.

2. Аэрометоды фотограмметрических измерений геологической структуры земной коры (элементов складчатости, разрыва сплошности, трещин отдельности магматических горных пород и пр.).

3. Аэрометоды анализа ландшафта и физико-географической обстановки земной и водной (прибрежная, мелководная зоны) поверхности для выявления геологического строения отдельных площадей и больших регионов.

## Глава XII

### ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплекс геолого-съемочных и поисковых работ партии или экспедиции начинается с получения задания и подготовки к полевым работам (подготовительно-организационный период) и кончается представлением полного отчета, сдачей первичных материалов на хранение в фондовые отделы предприятий (ликвидационный этап камерального периода).

Для практического осуществления этих работ создают экспедиции или партии, организационная схема которых приведена в приложении IX.

По характеру своего практического выполнения весь цикл съемочных, поисковых работ делят на три периода: 1) подготовительно-организационный, 2) полевой и 3) камеральный.

#### § 1. Подготовительно-организационный период

Подготовительно-организационный период включает следующие виды работ: а) подготовку к полевым наблюдениям — изучение материалов исследователей прошлых лет и условий работ в данном районе; б) разработку и составление проекта работ; в) организацию партии и подготовку ее к выезду на работу в поле.

Геолого-съемочные и поисковые работы производятся на основании политико-экономических требований народного хозяйства, планируемых Госпланом для выполнения основных задач в деле дальнейшего развития народного хозяйства и экономики нашей страны, и опираются на теоретические соображения и практические предпосылки.

В областях, слабо изученных геологически, геолого-съемочные работы прежде всего диктуются запросами народного хозяйства и производятся на основании общегеологических соображений, вытекающих из анализа предполагаемого геологического строения и геологической истории данной области. Постановка этих работ может считаться вполне целесообразной, если закономерности геологического строения соседних окружающих мест позволяют предполагать и в данной области такую геологическую историю прошлого, при которой могли сложиться условия, благоприятные для образования нефти и нефтяных залежей в данной области.

Если даже о геологическом строении данной области совершенно нет никаких материалов, а между тем создание в этой области нефтяной промышленности имеет исключительно важное политико-экономическое значение, в этом случае также необходимо провести тщательное изучение геологического строения данной области и организовать геолого-съемочные и поисковые исследования.

Большое значение для оценки возможной нефтеносности каждой новой области имеют сравнительный анализ и сопоставление (установление аналогии) геологического строения данной области с областями старых нефтеносных районов нашего Союза и зарубежных стран. Для примера можно отметить блестящий прогноз акад. И. М. Губкина о богатой нефтеносности западного склона Урала и Поволжья, высказанный им на основе установления сходства геологического строения этой обширной территории с районами Западного Тексаса, Мидконтинента и Аппалачской геосинклинали США.

В областях, более менее геологически изученных, в качестве предпосылок к постановке детальных геолого-съемочных работ следует учитывать:

а) наличие в области уже известных нефтяных месторождений, которые в определенной степени дают указания о возможной нефтеносности других подобных районов данной области, так как известно, что нефтяные залежи образуются не случайно, а имеют широкое региональное распространение и подчинены определенным закономерностям (благоприятные условия геологического строения и пр.);

б) сведения о наличии признаков нефти в виде выходов на дневную поверхность жидкой нефти, масляных пленок на воде, битуминозных пород, кира, озокерита, твердых битумов, углеводородных газов; эти сведения собирают из старой геологической и географической литературы или по устным свидетельствам населения данной области; к достоверности этих сведений следует подходить весьма критически и при первой возможности проверять их;

в) указания на развитие в области определенных толщ осадочных пород в фациях, благоприятствующих накоплению органического материала.

Отсутствие достоверных указаний на наличие органического материала в осадочных свитах еще не может служить категорическим противопоказанием к постановке геолого-съемочных, поисковых работ. Наличие мощных осадочных свит приобретает большое значение в качестве благоприятной предпосылки к постановке поисковых работ на нефть, когда эти свиты образуют разного рода антиклинальные складки, купола, брахиантиклинали и другие благоприятные для образования залежей нефти и газа структуры.

#### Подготовка к полевым работам

Общие сведения о предшествовавших геологических работах. Приступая к геолого-съемочным работам в каком-либо районе, необходимо прежде всего

познакомиться по возможности со всеми доступными материалами по району, касающимися ранее производившихся геологических съемок. Для этого необходимо ознакомиться с фондовыми работами — отчетами различных ведомственных организаций по детальному изучению данной площади.

Просмотр литературных материалов надо начинать с беглого ознакомления с основными работами, выбирая для составления библиографии прежде всего работы с наибольшим количеством литературных ссылок. В первую очередь должны быть использованы статьи и отчеты, в которых проводится подробное историческое описание ранее проведенных исследований, с приложением к ним подробных библиографических указателей.

При просмотре литературных источников (как опубликованных, так и отчетных — фондовых) составляют выписки, в которых излагают в виде очень кратких рефератов главные данные и выводы авторов, могущие послужить основой для проектирования геологических работ. Иногда можно излагать эту литературу, группируя взгляды авторов по отдельным вопросам, т. е. проследить развитие взглядов на стратиграфию, тектонику района и т. д. Если по исследованному району литература отсутствует или недостаточна, то можно использовать литературные данные по близлежащим районам в случае, если последние исследованы и имеют общие черты строения.

По выпискам следует составлять сводку изученности территории или площади, подлежащей дальнейшим исследованиям. В этой сводке должны быть освещены последовательно следующие вопросы: а) исторический обзор проведенных исследований и разведок; б) характер рельефа и степень обнаженности; в) стратиграфия со сжатой литологической и палеонтологической характеристикой всех выделяемых по возрасту геологических образований, начиная с древнейших; г) тектоника с характеристикой геотектонического положения района, подлежащего исследованию, и его структурных особенностей; д) геоморфологические особенности, помогающие геологическому изучению района. Должны быть приведены данные, характеризующие климат, что имеет большое значение для определения сроков разных видов работ, и дана общая экономическая характеристика района, его населенность, пути сообщения, условия снабжения материалами и т. п. Литературная сводка должна быть иллюстрирована выкопировками, зарисовками, разрезами и схемами.

Подбор картографических материалов. В процессе ознакомления с литературой по району изучают все ранее изданные картографические материалы и подбирают карты для сводных работ и последующих полевых исследований. Геологу приходится пользоваться наряду с современными картами и планами различными топографическими, гипсометрическими и геологическими картами старых дореволюционных изданий.

Составление проекта работ. При планировании геологических съемок и геолого-поисковых работ в пе-



риод подготовительного этапа составляют проект геолого-разведочных работ на основе «Справочника укрупненных сметных норм на геолого-разведочные работы» (СУСН) и «Единых норм выработки на геолого-разведочные работы» (ЕНВ).

Основное значение проекта заключается в том, чтобы каждая геолого-разведочная партия перед началом работ до выхода в поле имела минимум вполне оформленных документальных данных, где должны быть ясно изложены конкретные задания и цель данной работы с технико-экономическими расчетами и геологическим обоснованием всех намеченных производственных процессов. Проект должен отразить конкретные методы организации и производства работ и показать намеченные организационно-технические условия, обеспечивающие внедрение и развитие стахановских методов в геолого-разведочном деле. Чтобы проект был реален и наилучшим образом продуман, он должен быть составлен его будущим непосредственным исполнителем — начальником партии — при участии инженерно-технического персонала, намеченного для выполнения проектируемых работ.

Составление проекта базируется на изучении всех существующих литературных, рукописных и картографических материалов по объекту проектирования и иногда в необходимых случаях сопровождается выездом на место для учета всех действительных условий.

Проект содержит в себе следующие разделы.

Народнохозяйственная задача (целевая установка), для решения которой проектируют работу. Указывают, от кого получено задание, объем и характер задания, сроки его выполнения. Объясняют, какими конкретными потребностями производства или строительства вызвана постановка работ на данном объекте.

Геолого-экономическая характеристика объектов работ. Указывают наименование района работ, его местонахождение, географические координаты или номенклатуру плана в международной разграфке, площадь района работ, пути сообщения и расстояние от ближайшей железнодорожной станции или шоссеиной магистрали, ближайшие районные центры и промышленные предприятия, абсолютные и относительные отметки высот района работ, климатические условия, характер рельефа, наличие на месте питьевых и технических вод, леса, электроэнергии и т. д., ведущую отрасль хозяйства в районе, условия набора рабочих на месте, жилищные и другие условия, необходимые для работы.

В хронологическом порядке приводят краткий обзор всех произведенных геологических и других работ в данном районе с критической оценкой результатов. В приложениях дают перечень всех изданных (опубликованных) и рукописных (неопубликованных) текстовых, табличных и картографических материалов по району с указанием их местонахождения. По каждому из этих трудов указывают автора, название работы, год издания или составления рукописи.

В проекте освещается геологическая характеристика района (данные о стратиграфии, тектонике, структуре намеченной площади), излагается точка зрения на объект работы партии, которая сложилась у автора на основании изучения всего указанного в перечне материала и личных наблюдений (если таковые имели место) и которая должна быть им положена в основу разработки методики и объема проектируемых работ.

Методика и объем работ. Для решения поставленной задачи на основе геологических и других данных по объекту работ и сделанной его оценке предлагаются методика работ и ее обоснование с точки зрения максимальной геологической и экономической эффективности.

При определении помесечной нормы выработки, являющейся основным показателем, для разных видов геолого-съемочных работ необходимо принимать во внимание следующие условия.

1. Сложность геологического строения района. По этому признаку районы подразделяют на три категории: а) районы простого геологического строения; б) районы средней сложности; в) районы сложного геологического строения.

2. Физико-географические условия работы: а) проходимость; б) обнаженность; в) топографическая пересеченность района и разность высотных отметок рельефа; д) климатический фактор.

3. Наличие или отсутствие топографической основы для работы и, наконец, знакомство исполнителя с районом, что также имеет существенное значение для производительности полевой партии.

Основным моментом, определяющим степень трудности геолого-съемочной работы, является сложность геологического строения района. По этому признаку все нормы для полевых геолого-съемочных работ разделены на три категории.

К категории I относятся районы простого геологического строения с горизонтальным или очень пологим залеганием слоев, где стратиграфия простая или хорошо изучена, литологический состав пород однообразный, фации устойчивые.

К категории II относятся районы средней сложности геологического строения с отчетливо выраженной складчатостью платформенного типа, а также районы соляных структур, где стратиграфия сложная или слабо разработана, литологический состав и фации неустойчивые.

К категории III относятся районы сложного геологического строения со сложной складчатостью осадочных, метаморфических и изверженных пород, сложной и не разработанной стратиграфией, сложным литологическим составом, резко изменчивыми фациями.

Физико-географическое строение района. По степени обнаженности все районы, подлежащие геологической съемке, подразделяют на следующие три категории: а) районы сплошной обнаженности — съемку производят без применения горных выработок; примерная обнаженность от 75 до 100%; б) районы обнаженности в пределах от 50 до 75% — съемку производят с применением открытых горных выработок; в) районы



закрытые; обнаженность от 25% до отсутствия обнажений — съемку производят по искусственным выработкам и картировочным скважинам.

Разбивка района по условиям транспорта. Как показывает опыт, весьма значительный расход времени в течение полевых работ падает на передвижение партии и отдельных исполнителей в пределах снимаемой площади. Производительность партии в значительной степени зависит от условий транспорта, при этом чем мельче масштаб съемки, тем большее значение для партии имеют условия транспорта.

Все районы подразделяют на несколько категорий.

1. Легкий район — рельеф равнинный, хорошо проходимые речные долины и балки, в наличии достаточное количество проезжих дорог, населенных пунктов. Работу и транспортировку лагеря производят свободно на автомашинах, лошадях или лодках.

2. Средней трудности район — рельеф равнинный (степной), холмистый или гористый (низкие горы), наличие грунтовых колесных дорог, передвижаются пешком, частично на автомашинах, лошадях или лодках против течения. Лагерь транспортируют на автомашинах, лошадях или лодках.

3. Трудный район — рельеф горный; горы средней высоты, покрыты лесом или мелкой тайгой, реки большие с завалами или очень тощая тундра; области с редким населением. Районы допускают основное передвижение на колесах; во время работы передвижение исключительно пешее. Транспортировка на лошадях возможна лишь далеким обходным путем или с просеками. Транспортировка на лодках против течения реки с многочисленными порогами и очень частыми завалами.

4. Особенно трудный район — рельеф высокогорный, трудно доступный, тасжный; приполярные и пустынные области; отсутствие колесных дорог. Способ передвижения вьючный или на лодках.

Особое внимание уделяется рациональному расположению выработок (буровых и горных), намеченных профилей, проектных глубин с учетом дальнейшего использования этих выработок в последующих стадиях разведки. Устанавливают объем различных видов полевых работ в их физическом выражении; площадь геологической съемки в квадратных километрах, характер горных выработок, метраж и количество буровых скважин и др., а также объем камеральных работ, который уточняют после проведения полевых исследований.

В настоящее время широко применяют комплексную геологическую съемку, охватывающую все вопросы геологического изучения, включающие и изучение полезных ископаемых района. Съемку производят в масштабах 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000.

Нормы на эти геолого-съёмочные работы зависят от масштаба съемки, степени сложности геологического строения района, физико-географических условий (степени проходимости), а также от средств передвижения, применяемых при съемке.

В этих подробно разработанных нормах учтены (как обязательная текущая работа в поле) обработка коллекций, отбор образцов для анализов, приведение в порядок дневников и пикетажных книжек, составление геологических колонок и профилей, составление карты маршрутов с точками наблюдения, полевой геологической карты маршрутов, полевой геологической карты полезных ископаемых, а также других карт, предусмотренных проектом. Там же приведены все исходные данные о штатах партии.

Производственно-техническая часть. На основании геологических, физико-географических и экономических сведений и принятой методики работ устанавливают категорию трудности района работ для геолого-съёмочных партий, нормы производительности труда, вид транспорта, снабжение водой, материалами и продовольствием; производят расчет материально-технического вооружения и вспомогательного хозяйства партии, необходимых для выполнения производственного задания в установленные сроки; приводят обоснованный расчетами план календарных работ с указанием сроков выполнения отдельных этапов работ и работы в целом.

Определяют перечень основных документов — карт, разрезов, таблиц, текстового материала, которые будут получены в результате проведения работы как фактический материал, характеризующий выполнение задания, и составляют таблицу основных технико-экономических показателей.

Составление проекта должно быть закончено до начала полевых работ партии.

В календарном графике нормы времени на все перечисленные виды работ (помимо полевого производственного периода) принимаются из таких расчетов: проектирование 6%, организация 15%, ликвидация 10% от продолжительности полевых работ.

Планирование аэрогеологических работ. Планирование и составление смет на аэрогеологические работы несколько отличается от обычных наземных съемок.

По каждому виду аэрогеологических работ и каждому участку съемки устанавливают масштаб съемки, тип применяемого самолета и его эксплуатационную скорость, условия производства работ для геологической съемки, площадь съемки в квадратных километрах, район (зона) размещения работ.

Каждому участку съемки дают характеристику по сложности геологического строения, геологической дешифрируемости и рельефу.

Делением физического объема работ партии на норму выработки, приведенную в соответствующих таблицах ЕНВ, устанавливается потребное количество месяцев полевых работ партии. Месяц работ аэросъёмочной, (аэрофотосъёмочной, аэрогеолого-съёмочной) партии является исходным показателем для определения стоимости работ.

Практически в полевых условиях производят следующие виды геолого-съёмочных работ с применением аэрометодов: а) геологическая съемка с применением камерального и полевого деши-

фривирования аэрофотоснимков, полученных в результате предварительно проведенной аэрофотосъемки; б) геологическая съемка с применением аэровизуальных наблюдений, сопровождающихся посадками самолета для наземного изучения отдельных геологических объектов; в) геологическая съемка с комплексным применением обоих аэрометодов (дешифрирования аэрофотоснимков и аэровизуальных наблюдений); г) геоморфологическая съемка с применением аэрометодов.

По степени геологической дешифрируемости приняты три категории районов.

К районам хорошей дешифрируемости относятся местности с хорошей обнаженностью коренных пород и различными геологическими элементами. К категории хорошей дешифрируемости принадлежат главным образом горные области, лишенные древесной растительности и значительного покрова четвертичных отложений.

К районам средней дешифрируемости относятся местности, где до 50% всей территории составляют участки, покрытые древесной растительностью или рыхлыми четвертичными отложениями поэтому сплошное дешифрирование здесь невозможно. Сюда же относятся районы с хорошей обнаженностью, но с изменчивыми дешифрировочными признаками, не позволяющими разрядить сеть наземных маршрутов и уменьшить количество точек наблюдений до норм, принятых для районов с хорошей дешифрируемостью.

К районам слабой дешифрируемости относятся местности, в значительной степени (на 75% и более) закрытые наносами или растительностью с изолированными обнажениями коренных пород.

Для каждой категории геологического строения и дешифрируемости и для каждого масштаба аэросъемки, как и для обычной наземной, установлено определенное среднее количество наземных маршрутов и точек наблюдений на 1 км<sup>2</sup>.

**Снаряжение.** Успешное разрешение производственных или научно-исследовательских задач, поставленных перед геологом при работе в поле, помимо его личных качеств зависит от обеспеченности соответствующими снаряжением, оборудованием и материалами. Поэтому перед выездом на полевые работы каждая геологическая партия или экспедиция должна быть полностью обеспечена всем полевым снаряжением, необходимым оборудованием и материалами.

Основным инструментом полевого геолога является горный компас, который помещается в кожаном футляре, надеваемом на пояс. Геологический молоток также является непременным спутником работника полевой партии. Без молотка трудно, а иногда и невозможно взять образец породы, расчистить необходимую площадку для определения элементов залегания, очистить породу от верхней выветрившейся корки, расколоть или отколоть от нее кусок, выбить ископаемое и т. п. Формы и размеры молотка зависят от специального назначения. В породах мягких или рыхлых, слоистых молотком приходится чаще рыть и скалывать, чем дробить и

отрывать. Поэтому для таких работ довольно удобен молоток (фиг. 209, а), у которого острый конец приспособлен для рытья и скалывания, а тупой — четырехугольный — для раздробления пород; вес такого молотка около 800 г. Однако для крепких пород — известняков, плотных песчаников, изверженных пород — гораздо удобнее использовать молоток, изображенный на фиг. 209, б.

Ручка молотка должна быть тщательно сделана, хорошо пригнана и укреплена. Длина ручки молотка около 50 см. Поперечное сечение ручки молотка делают чаще всего овальным, суживающимся от конца ручки к молотку. Рукоятку изготовляют из твердого, но не хрупкого дерева (кизил, бук, дуб и ясень).

Лупа необходима для изучения горных пород, их зернистости, окаменелостей и включения. Лупу лучше иметь с увеличением

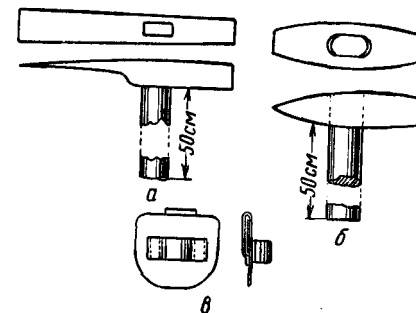
в 10—12 раз. Очень удобно пользоваться телелупой. Последнюю монтируют из трубок бинокля путем прикрепления увеличительной лупы-линзы. В качестве линз для телелупы рекомендуются линзы-лупы от 8 до 20 диоптрий с увеличением от 2 до 5. С монокуляром, имеющим шестикратное увеличение, такие линзы дают общее увеличение от 12 до 30, при этом наблюдается прямое изображение. Основное преимущество телелупы в том, что помимо значительного увеличения объективного или рабочее ее расстояние от рассматриваемого объекта значительно больше, чем у обычной лупы.

Складной метр или метровую стальную рулетку необходимо иметь с собой для различных измерений. Надо иметь и большую рулетку обычного типа в 20 м длиной.

Для выбивания и грубого препарирования окаменелостей, для придания образцам твердых пород нужной формы необходимо иметь набор зубил, лучше с прямоугольным сечением и с острями в виде клиньев.

Полезно иметь в полевой сумке дорожный циркуль с футляром на иглах. Он необходим для определения расстояний на карте, при вычерчивании профилей, маршрутов.

При работе в гористых областях необходим барометр-анероид. Можно рекомендовать применение барометрических высотометров конструкции Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГА и К), конструкции М. А. Артанова и др., методика использования которых



Фиг. 209. Геологический молоток.

а — применяемый при работе среди осадочных пород; б — для работы в кристаллических и других твердых породах; в — кожаная вешалка для ношения молотка на пояском ремне.

приведена в специальной литературе<sup>1</sup>. Очень удобны для пользования маленькие анероиды, надеваемые на браслетке на руку или помещаемые в полевую сумку вместе с компасом; записной книжкой и др.

Для определения карбонатности (известковистости) пород надо иметь с собой склянку с соляной кислотой. Склянку выбирают с притертой пробкой в форме капельницы и с притертым стеклянным колпачком. Необходимо также иметь бутылки с бензином или бензолом, сероуглеродом, хлороформом. Перечисленные растворители служат для полевого определения в породе нефтяных битуминозных веществ посредством получения так называемой бензиновой (или бензольной) вытяжки.

Весьма необходимым предметом полевого снаряжения, особенно при аэровизуальных наблюдениях, является полевая призматический бинокль.

Для хранения снаряжения, записной книжки, карандашей, топографических карт и пр. геологу необходимо иметь сумку. Очень удобны сумки военного образца — кожаные, с большим кожаным клапаном, прикрывающим спереди всю сумку и защищающим ее содержимое от дождя и пыли. Полевая сумка должна быть не громоздкой по своей конструкции, прочной, на крепком ремне и непромокаемой.

Рюкзак или плечевой мешок служит для хранения и переноски собранных в поле образцов.

Помимо этого нужно иметь фотоаппарат для съемки наиболее интересных обнажений, структурных форм, геоморфологических пейзажей и пр.

Для измерения температуры воды в источниках и колодцах, для определения температуры воздуха необходим термометр в деревянном или металлическом футляре.

При проведении аэрогеологических съемок в полевых условиях и камеральной обработке необходимо иметь ряд специальных приборов, среди которых основным является стереоскоп.

Стереоскоп представляет простой и удобный прибор для изучения аэрофотоснимков, при помощи которого имеется возможность наглядно ознакомиться с рельефом, а также опознать и проанализировать основные элементы геологического строения. По своей конструкции стереоскопы бывают призматические и отражательные. По назначению они разделяются на стереоскопы, предназначенные для простого стереоскопического рассматривания пары аэрофотоснимков, и стереоскопы, позволяющие производить прецизионные измерения в горизонтальной и вертикальной плоскостях и на этой основе вычерчивать по аэроснимкам план местности в горизонталях.

Для геологических работ наилучшими стереоскопами являются портативные, зеркальные (отражательные), складные (фиг. 210).

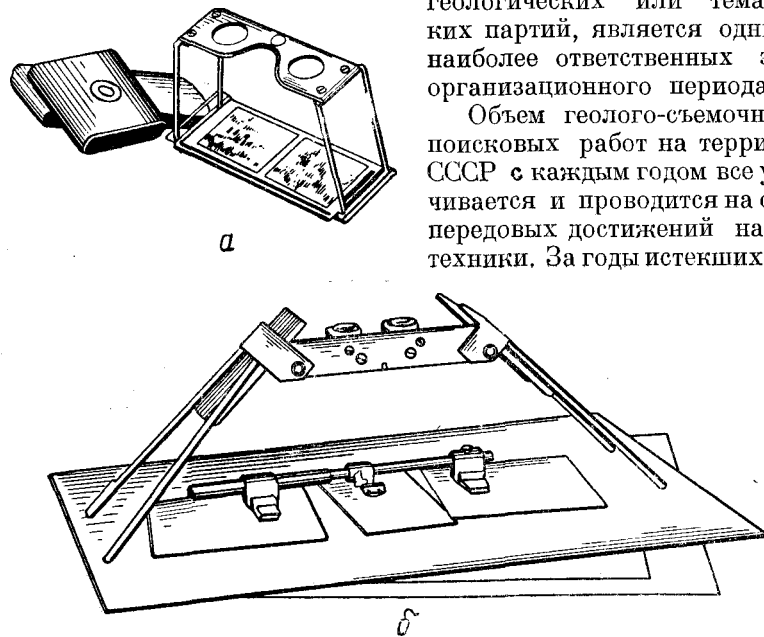
<sup>1</sup> Доброхотов Ю. С. и Троицкий Б. В. Наставление по работе с топографическим высотомером ЦНИИГА и К, построенным по принципу Д. И. Менделеева. Геодиздат, 1940.

Складной стереоскоп, уложенный в специальный удобный для переноски футляр, может быть быстро установлен для наблюдения и также быстро уложен в футляр.

Вот краткий перечень основного снаряжения, которое необходимо геологу независимо от рода геологической партии, от ее задач, характера работ и т. д.

Хозяйственно-техническая подготовка геологической партии или экспедиции, включающей несколько геологических или тематических партий, является одним из наиболее ответственных этапов организационного периода.

Объем геолого-съемочных и поисковых работ на территории СССР с каждым годом все увеличивается и проводится на основе передовых достижений науки и техники. За годы истекших пяти-



Фиг. 210. Стереоскоп для дешифрирования аэрофотоснимков. а — карманный; б — зеркальный.

леток в СССР было сконструировано и организовано в больших масштабах производство многих видов геолого-разведочного оборудования. Новые усовершенствованные механизмы и оборудование (буровые станки, канавокопатели, самолеты для аэрогеологических и аэровизуальных работ, различные типы автомашин от легковых до гусеничных вездеходов, катера и моторные лодки, водолазные костюмы, радиопередатчики, химические лаборатории и др.), поступают на вооружение советских геологов и создают условия, способствующие быстрейшему разрешению основных задач по геологическому изучению недр нашей страны.

Картирочные буровые станки. На вооружении геологических партий в настоящее время находится несколько типов буровых станков.

Станки БС-2 и ЗИВ-75 — легкие станки, предназначенные для стационарных разведочных партий, занимающихся поисками

и разведкой месторождений с глубиной залегания полезного ископаемого до 75—100 м.

Буровой станок БС-2 предназначен для колонкового бурения скважин в породах от средней крепости до самых крепких. Станок спроектирован специально для легких поисковых партий и дает возможность геологу бурить скважины до глубины 30 м. Он имеет три скорости вращения инструмента: 400, 800 и 1200 об/мин, дифференциальную подачу инструмента и режущий инструмент — суррогатную или дробовую коронку. Двигатель бензиновый мощностью 6 л. с. смонтирован на одной раме со станком; производительность насоса 60 л/мин. Общий вес станка вместе с двигателем и насосом не превышает 115 кг.

Буровой станок ЗИВ-75 предназначен для бурения скважин глубиной до 75 м. Станок имеет три скорости вращения инструмента: 200, 400 и 800 об/мин, автоматически регулирующую дифференциальную подачу инструмента и работает от двигателя мощностью 10 л. с.

Станки ЗИВ-150 и ЗИФ-300 предназначены для стационарных геолого-съёмочных партий, производящих картировочные работы до глубин 150—300 м.

Буровой станок ЗИВ-150, предназначенный для бурения скважин на глубину 150 м, имеет конструкцию, аналогичную станку ЗИВ-75.

Буровой станок ЗИФ-300 является наиболее распространенным в геолого-разведочной практике, так как предназначается для бурения скважин глубиной до 300 м.

По техническим требованиям он имеет пять скоростей вращения инструмента: 100, 150, 300, 500 и 750 об/мин. Подача инструмента гидравлическая и дифференциальная. Режущий инструмент — коронки, армированные твердым сплавом, алмазные и дробовые, долота РХ и шарошечные. Грузоподъемность лебедки 2 т. Двигатель мощностью 20 л. с. Агрегат смонтирован на общей раме.

Буровой станок ЗИФ-650 предназначен для геолого-разведочных и поисковых партий, занимающихся разведкой неглубоко залегающих нефтеносных и газовых структур; он рассчитан на бурение скважин начальным диаметром 200 мм на глубину 650 м. Станок имеет пять скоростей вращения инструмента: 125, 250, 400, 600 и 800 об/мин. Подача инструмента гидравлическая и свободная. Станок укомплектовывают двумя насосами 200/40 и двумя заблокированными двигателями мощностью по 20 л. с.

Техническая политика в области механизации горно-разведочных работ направлена на обеспечение комплексности механизации всех процессов, чтобы в цикле геолого-съёмочных работ не образовалось узких мест. В настоящее время на этих работах внедряются механизмы из числа изготавливаемых заводами Союза для горной промышленности, которые по своей технической характеристике, габаритам и весу наиболее близко подходят к требованиям геолого-разведочной службы.

Так, для механизации канавных работ используют гусеничные одноковшевые канавокопатели типа ДГ-0,25, имеющие следующую техническую характеристику: глубина резания для пород I—IV категорий 3,8 м двигатель мощностью 35 л. с., скорость передвижения до 4,5 км/час, вес 8 т. Средняя производительность этого экскаватора 25 м<sup>3</sup>/час.

Канавокопатели применяются в крупных геолого-разведочных партиях с большим объемом канавных работ, где использование такого высокопроизводительного агрегата может быть эффективно и рентабельно.

Бесперебойная работа геологических партий, оснащенных буровыми станками, химическими, петрографическими и палеонтологическими лабораториями, электроизмерительными приборами, средствами связи и пр., тесно связана с первичными источниками электроэнергии.

В этом отношении имеет существенное значение оснащение геологических партий ветро-электрическими агрегатами. Современная техника создала простые ветровые установки, вполне оправдывающие себя при применении во многих областях народного хозяйства. Такие ветро-электрические агрегаты (Д-3 ВИСХОМ) имеются с генераторами мощностей 250 вт для районов с преобладающими скоростями ветра до 6 м/сек и 1000 вт для районов с большими скоростями ветра. Они не требуют особых условий сооружения и в эксплуатации обслуживаются даже неквалифицированным персоналом (рабочими буровой партии). Вес такого агрегата от 30 до 150 кг.

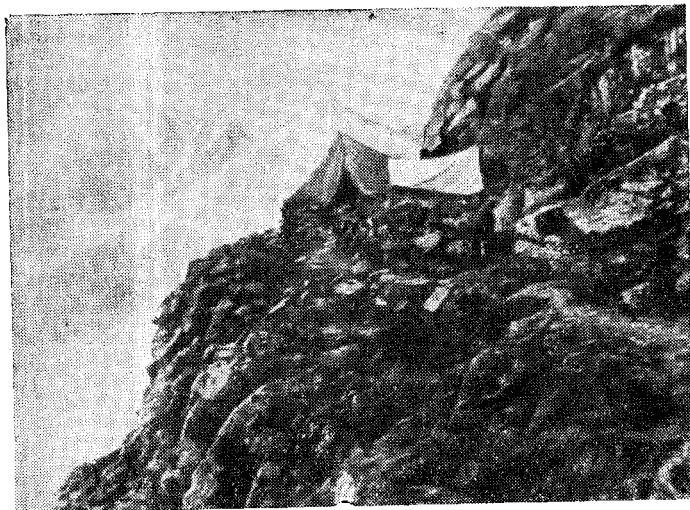
Потенциальная возможная выработка в год при средней годовой скорости ветра 4 м/сек — 800 кВт и 8 м/сек — около 3000 кВт.

#### Организация бытового и транспортного обслуживания геологической партии в поле

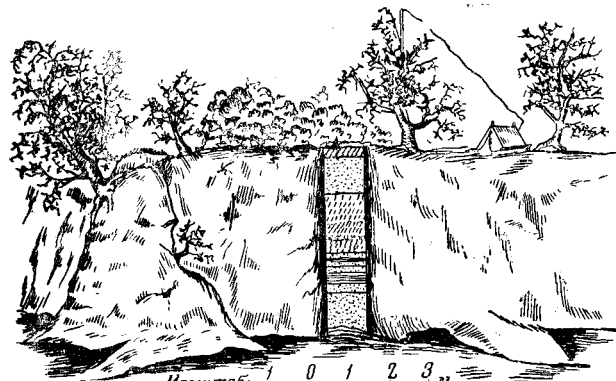
Обеспечив геологическую партию снаряжением и оборудованием, необходимым для производства порученной работы, геолог должен не меньше внимания посвятить и бытовым условиям, среди которых будет проходить работа партии. Вопросы жилья, обстановки, одежды, питания — все это самым непосредственным образом связано с успешным ходом работы, с выполнением ее в срок, с качеством ее.

Ж и л ь е. Сравнительно редко геологическая партия может пользоваться уже готовым жильем — в селении, населенном пункте. Очень часто приходится заботиться об устройстве жилья, перевезти его с собой. Удобнее и легче всего возить с собой палатки (одну или несколько в зависимости от состава партии). Палатки изготавливаются самых разнообразных размеров; конструкции палаток также чрезвычайно многочисленны. Необходимо, чтобы в палатке был брезентовый пол и двойная крыша, чтобы материал, из которого сделана палатка, не пропускал влаги и пыли. Палатки делают из парусины, полотна, сукна, шелка и используют в за-

в зависимости от климатических условий и района проведения геологических работ (фиг. 211). В нефтяных районах при геолого-съемочных и поисковых работах применяют легкие деревянные домики стандартного типа, легко разбираемые, свободно транспортируемые



а



б

Фиг. 211. Лагерь геологического отряда.

а — в высокогорном районе северо-западного Памира на выходах нижнепалеозойских кварцевых песчаников; б — в районах левобережья нижнего течения Волги возле расчистки.

с одного пункта на другой. Изготавливают их из фанеры с войлочной прокладкой внутри. Они пригодны для жилья и в летнее и в зимнее время, так как в них легко и безопасно можно установить железную печь, которую можно отапливать дровами или углем.

В последнее время в геологических партиях и экспедициях получают широкое распространение автофургоны, в которых помимо жилых помещений размещаются лаборатории, передвижная ремонтная механическая мастерская с электроустановкой.

Серьезное внимание при обеспечении оборудованием партий должно быть обращено на мебель (кровати, столы, стулья и пр.). Существует специальная походная мебель, легкая по весу и достаточно удобная для использования в полевых условиях.

Снаряжаясь в поле, нельзя забывать о таком весьма важном инвентаре, как посуда, кухонные принадлежности, умывальник, ведра, чайники, керосинка или примус и пр. Бытовой инвентарь, его тип и количество будут зависеть от характера исследуемой местности, от ее географических и климатических особенностей, а также от типа партии, продолжительности ее работы, средств передвижения и т. д.

В инвентаре партии должна быть аптечка с набором необходимых медикаментов.

Транспорт геолого-съемочной партии, как и все снаряжение, зависит от задач и условий работы.

В настоящее время основным видом транспорта при геологической съемке — автотранспорт, хотя иногда в условиях сильно расчлененного рельефа приходится пользоваться верховым и гужевым транспортом. В последнее время наряду с автомашинами, грузовыми и легковыми, используется также авиатранспорт, который значительно не только облегчает производственный процесс, но и ускоряет все транспортные операции в геологических работах.

Разнообразие условий проведения геолого-съемочных работ на обширной территории СССР заставляет прибегать к услугам не только наземного транспорта, но и водного, используя для этого моторные катера, пловучие понтоны для бурения скважин и лодки для установления точек-сигналов на пунктах наблюдений.

При необходимости выбора таких моторных лодок или малых судов следует в первую очередь руководствоваться соображениями грузоподъемности и вместимости, для маршрутов по мелководью — осадкой и главное внимание надо обращать на надежность судна.

При аэровизуальных геологических работах необходимо применение воздушного транспорта — самолетов. Последние должны иметь следующие качества: надежность и экономичность в эксплуатации (малую стоимость летного часа); хорошую маневренность и устойчивость; малую крейсерскую скорость (порядка 80—120 км/час); минимальную посадочную скорость и минимальный пробег при взлете и посадке; достаточный радиус действия; хорошо оборудованное закрытое рабочее место с большим круговым обзором для геолога-наблюдателя; мощность, обеспечивающую полеты на больших высотах.

Выбор типа самолета зависит от характера района. В данный момент невозможно рекомендовать единый тип самолета, одинаково

пригодный для работ на дальнем севере и в южных районах. Самолет ПО-2, например, менее применим в суровых условиях отдаленных северных районов страны, являясь незаменимым в настоящее время для южных районов (см. фиг. 206, в). Однако из легких сухопутных самолетов, частично удовлетворяющих этим требованиям, используют самолеты «Яковлев 12», ПО-2с и АН-2.

**Радиосвязь.** В современных условиях работ геолого-съемочные партии и экспедиции снабжаются походными радиостанциями, которые предназначены не только для связи, но и для решения ряда производственных задач, возникающих в процессе исследований.

В полевых условиях радио значительно облегчает работу исследователя-геолога. Оно обеспечивает связь между отдельными группами экспедиции и экспедиционными базами, дает возможность принимать сигналы точного времени, облегчает ориентировку на местности и при длительных экспедициях в отдаленных районах дает возможность работать вне оторванности от жизни нашей великой страны.

Этот краткий перечень показывает, что геологическая партия по своей организации и технической вооруженности представляет довольно крупную производственную единицу, самостоятельно решающую ответственные задачи по геологическому изучению того или иного района, определяя при этом пути дальнейшего развития разведочных работ, связанных с затратами больших материальных и финансовых средств (приложение IX).

## § 2. Полевой период

Полевой период является основным и самым ответственным из всего процесса геологического исследования. К нему относятся следующие этапы:

- а) проезд к месту работ и организация на месте;
- б) производственно-полевой этап, начинающийся со дня выхода до последнего дня работы в поле;
- в) ликвидация полевых работ и возвращение к месту производства камеральных работ.

Этап организации полевых работ на месте заканчивается созданием в районе работ базы или лагеря партии (экспедиции). Базу партии целесообразно размещать в каком-либо населенном пункте или районном центре, где можно пользоваться услугами банка, почтой и телеграфом.

Производственно-полевой этап — это основной этап работы, в течение которого изучают геологическое строение района непосредственно в поле, накапливают фактический материал и собирают все необходимые данные по геологическому строению района и полезным ископаемым, генетически связанным с развитыми здесь

отложениями. Надо помнить, что полевые работы должны проходить в строгой плавности задания, рациональной расстановке технических сил в соответствии с квалификацией сотрудников выполняемому заданию и в техническом снаряжении и оснащении партии оборудованием, буровыми станками, лабораторией, транспортом, радиосвязью, механическими мастерскими и др.

Вся полевая жизнь коллектива партии (экспедиции) должна быть подчинена главной задаче — выполнению плана исследований. Поэтому в зависимости от типа работ и специальности может очень варьировать суточное и сезонное распределение часов полевой и камеральной работы, принятия пищи и отдыха. При этом хотя климатическая зона и время года имеют большое значение, но часто, чтобы выполнить программу работ, приходится вести их, невзирая на неблагоприятные естественные условия.

Особое внимание должно быть обращено на тщательное изучение и критический анализ геологических данных, получаемых при геологической съемке, поисках, проходке горно-разведочных выработок, на тщательную геологическую документацию, своевременный отбор пород и проб воды, газа, битумов и прочего для исследований. Необходимо помнить, что от тщательно продуманной и хорошо поставленной геологической документации, хорошо и грамотно составленных геологических планов, разрезов, профилей, зарисовок, а также физико-химических и других исследований в значительной степени зависят качество отчетов и конечные результаты всех полевых наблюдений.

После окончания полевых работ наступает этап ликвидационных работ, в течение которого принимают материалы полевых работ, упаковывают оборудование и снаряжение и личный состав партии возвращается к месту камеральной обработки материала. Этот этап заканчивается сдачей предварительного отчета о результатах всей проделанной работы.

**Распорядок дня.** Работая в полевых условиях, геолог должен помнить, что наилучшим временем года для геологических съемок является период с мая по октябрь включительно.

В связи с этим требуется строгая регламентация режима работы и отдыха всей партии, начиная с первых дней полевых работ.

Основной задачей такого порядка должно быть максимальное уплотнение рабочего времени с учетом возможности приспособления к местным климатическим условиям, изменениям в режиме гидрографической сети и т. д. В Туркмении, Азербайджане, Западном Казахстане, Средней Азии рекомендуется для работы использовать утренние часы (от 5 — 6 час. утра до 1 часа дня) и предвечерние (от 5 до 8 час.), так как от 1 часа дня до 5 час. жара не дает работать.

В нормальных условиях работу нужно начинать в 5—6 час. утра (отъезд из стоянки, ночевки, базы) и кончать за час-полтора до заката солнца с перерывом на 1,5—2 часа, примерно с 1 до 3 час. дня, т. е. в самое жаркое время дня.



По возвращении в лагерь (базу) после небольшого отдыха рекомендуется привести в порядок собранные за день коллекции, прочесть и исправить записи в полевой книжке, зафиксировать нужные отметки на карте, записать в дневник проделанную работу.

Наиболее полная и точная документация материала производится следующим путем: в поле краткие наблюдения заносят в записные книжки карандашом, вечером наблюдения более подробно переписывают в дневник чернилами. При одновременном ведении нескольких разнородных исследований (геологических, геоморфологических, гидрогеологических и др.) для каждой специальности надо иметь отдельный дневник.

Наблюдения, которые сразу в поле заносят на специальные бланки или ведомости, вечером не переписывают.

При записях в дневниках запись каждого дня начинается с числа, месяца и места наблюдения (при стационарных работах) или пройденного за день расстояния с указанием пунктов выхода и прихода (для маршрутных работ).

Кроме дневников, руководителю съемочной партии (или экспедиции) необходимо вести журнал партии (или экспедиции), в которой заносят отчетные и административно-хозяйственные данные: размеры изученной за день отдельными сотрудниками площади (или пройденные ими маршруты), выполнение научного задания, общий километраж работы или другое его цифровое выражение, краткие сведения о погоде, характер питьевой воды, работу транспорта, увольнение и наем рабочих, выходные дни, стоянки без работы по стихийным причинам и ряд других данных. Все эти сведения необходимы для составления отчетов и различных описаний работ, а также в случае каких-либо недоразумений юридического характера.

Точную запись объектов фотоснимков ведет отдельно каждый сотрудник, имеющий фотоаппарат.

В условиях сложного рельефа поверхности и при проведении многодневных маршрутов дни напряженной полевой работы должны чередоваться с днями отдыха чаще, чем в обыкновенной обстановке; геолог в эти дни составляет схемы геологического строения, вычерчивает свои маршруты, профили, просматривает коллекции, пополняет дневник и т. д. Такой отдых является в сущности отдыхом от физической работы, но не отдыхом от умственной деятельности. Компенсацией такой напряженной работы геолога в полевой период служит продолжительный отпуск, который предусмотрен существующим законоположением.

Самое важное во всех геологических исследованиях — это дружная работа всех сотрудников, точное распределение обязанностей и дисциплина. Очень большую роль играет личный пример руководителя и в научно-производственной работе и во всей жизни коллектива.

**Предварительная обработка материала.** В течение полевого периода, особенно при неблагоприятных метеорологических условиях (дожди и пр.), технический персонал

партии должен вести текущую камеральную обработку. Сущность последней заключается в том, чтобы своевременно составлялись колонки и геологические разрезы отдельных обнажений, детализировалась документация по записным книжкам и т. д.

Эта обработка является весьма важной, так как при недостатке, тех или иных исходных фактических данных, которые первоначально не были собраны на обнажении или в горно-разведочной выработке, имеется возможность снова обратиться к этому обнажению или выработке и этим восполнить все пробелы. Выполнение этой задачи после прекращения полевых работ совершенно исключено, и такие пробелы могут явиться существенным недостатком всей съемки в целом.

В геолого-съемочных партиях при съемке в масштабе 1 : 200 000 и крупнее нормальный стратиграфический разрез должен быть фаунистически охарактеризован еще в начальной стадии геологической съемки. Поэтому предварительная обработка литологических и палеонтологических сборов для уточнения возраста пород должна быть организована так, чтобы результаты определения этих форм получались еще в летний полевой период до его окончания.

**Л и к в и д а ц и я р а б о т.** После выполнения всего предусмотренного плана работ представитель организации, производящей съемку, принимает полевые работы от исполнителя.

К концу полевого периода начальник партии должен представить к приемке следующие материалы:

а) полевые карты — геологическую рабочую, обведенную несмываемой тушью, и перечерченную чистовую с нанесением обнажений и горных выработок; карту четвертичных отложений в том случае, если последние значительно распространены и представляют практический интерес; на карту наносят все основные геоморфологические элементы; карту фактических материалов с нанесением маршрутов барометрических точек (если таковые наблюдения производились); карту аэровизуальных полетов и пр., карту полезных ископаемых и гидрогеологическую карту с нанесением выходов различных полезных ископаемых, обследованных колодцев, буровых скважин и т. д.; структурную карту по данным инструментальной съемки и замеров залегания пород для районов с пологим залеганием пород и при наличии маркирующих горизонтов;

б) полевые записные книжки как начальника, так и сотрудников партии с описанием наблюдений; как обязательное правило, материалы сотрудников должны приниматься начальником партии в конце каждого рабочего дня или тотчас же по окончании маршрута, если таковой производится самостоятельно отдельными сотрудниками;

в) коллекции образцов пород, полезных ископаемых, проб воды и т. д., правильно упакованные, отправленные по соответствующему адресу; корешки этикетных книжек с номерами образцов;

г) в тех случаях, когда велась инструментальная съемка или правильная барометрическая нивелировка, соответствующие пи-



жетажные книжки, барометрические книжки и журналы станций, причем предварительная обработка барометрической нивелировки должна производиться в поле во время работ;

д) вычерченные глазомерные съемки, если они производились; вычерчивание глазомерных съемок производится, как правило, во время полевой работы, сейчас же после произведенных наблюдений на случай внесения добавлений и поправок в случае обнаруженных неувязок;

е) стратиграфические колонки отложений с истинными мощностями или схемы нормального разреза для сложно построенных и мало изученных районов;

ж) геологические профили, хотя бы сделанные схематично;

з) негативы или снятые пластинки и список фотографических снимков с указанием объектов и условий съемки.

Приемка всего перечисленного материала осуществляется в районе полевых работ непосредственно в поле. Кроме того, путем выборочного просмотра проверяют полноту и качество геологической и технической документации при описании некоторых обнажений (горных выработок, скважин), правильность отбивок стратиграфических границ, высотных отметок маркирующего горизонта и т. д. Приемка полевых работ оформляется актом.

В конце полевого этапа начальник партии — геолог — составляет предварительный геологический отчет, излагающий предварительные результаты работ. Для приведения всего материала в полный порядок, на исправление и дополнение недочетов и составление предварительного отчета предоставляется от 10 до 15 дней в зависимости от размеров и сложности района, а также количества фактических материалов.

Помимо геологического отчета в ликвидационный период начальник партии составляет плановые, финансовые и материальные отчеты.

### § 3. Камеральный период

Общий план камеральной обработки составляется на весь период с разбивкой отдельных видов работ на этапы. При этом вся обработка материалов ведется по плану, составленному каждым начальником партии. Порядок обработки в основном сводится к следующему. После возвращения с полевых работ и сдачи предварительного отчета разбирают коллекции. Когда работу ведут в районе с недостаточно изученной стратиграфией и подразделение на отдельные горизонты и их возрастное определение произведены зачастую лишь условно, необходимо в первую очередь организовать палеонтологическую обработку материала, чтобы возможно скорее получить все данные для составления окончательной колонки стратиграфического разреза. Поэтому в первую очередь отбирают образцы пород с палеонтологическими формами (фауной и флорой), породы для петрографических, битуминологических и других исследований, а также пробы вод, газов и прочего для химических

исследований. Все это передают в соответствующие лаборатории для изучения.

Следующим этапом является пересмотр карт, коллекций и дневников; одновременно с этим идет определение и систематизация петрографического и палеонтологического материалов.

Вторым этапом камерального периода является составление геологической карты, геологических профилей, других графических приложений и составление текста полного отчета.

Типовой пример такого плана камеральной обработки приведен в приложении X.

В практическом осуществлении камеральных работ в них участвует весь состав квалифицированных специалистов партии.

Геолог составляет окончательные профили, карты и т. п., отбирает образцы пород для исследования, производит отбор из коллекции образцов, являющихся основными, иллюстрирующими район, дублетных образцов и образцов, подлежащих ликвидации после их обработки и написания отчетов.

Технические работники (коллекторы) разбирают, этикетировать и каталогизируют коллекции, дополняют по карточкам петрографическое и палеонтологическое описание образцов, дневники, вычерчивают по указанию геолога карты и другие чертежи, выполняют всю техническую работу по обработке и систематизации материалов.

После сдачи предварительного отчета и до начала камерального периода начальник партии делает доклад, в котором обсуждаются результаты полевых работ и намечаются основные вопросы, подлежащие разработке в камеральном периоде.

Составление и оформление геологической карты. Во время полевой работы геолог составляет черновую геологическую карту, нанося на топографическую карту все осмотренные обнажения и определенные им геологические границы в самих обнажениях или в промежутках между ними. Но эта черновая карта требует уточнения и детализации. При этом надо учитывать, что от масштаба зависит, что можно показать на геологической карте; чем крупнее масштаб, тем больше будет нанесено деталей. На карте мелкого масштаба могут быть показаны только главные геологические границы, например границы между различным геологическими системами осадочных пород, между последними и породами изверженными и метаморфическими.

Иногда согласно особым задачам работы на карте приходится показывать не все, что иллюстрирует геологическое строение местности, но зато добавлять то, что на обычных геологических картах отсутствует, например условия водоносности, распределение осадочных пород, различные категории наносов, почв и т. п.

Так как обнажения коренных пород на местности никогда не являются сплошными и, кроме того, в зависимости от степени детальности полевой работы, большая или меньшая часть имеющихся обнажений остается неосмотренной, то отметки, нанесенные на черновой карте, представляют более или менее многочисленные точки, линии и площадки, рассеянные среди белого, т. е. неизу-

ченного, пространства. Эти пробелы геолог должен заполнить, изображая на них то, что по предположениям должно там залегать. При обработке фактического материала и изображении его на геологической карте (и разрезах) необходимо резко отличать наблюдаемое от предполагаемого, последнее обозначается пунктиром (это указание имеет весьма существенное значение!).

Так как коренные породы выходят на земную поверхность не сплошными площадями, а обыкновенно в большей или меньшей степени закрыты современными отложениями — наносами, то на геологической карте принято изображать геологическое строение района со снятием этого наносного покрова четвертичных пород.

На такой геологической карте показываются по возможности все стратиграфические подразделения, фациальные изменения и все основные литологические типы пород, которые установлены геологом. Номера обнажений, описанных в тексте отчета, также должны быть проставлены на карте; там, где они слишком сгущаются, их можно наносить с пропусками, оставляя наиболее характерные. Условными знаками показывают линии нарушений, элементы залегания слоев, местоположение полезных ископаемых и др. Абсолютные высоты показывают для более важных пунктов по выбору автора. Наименования небольших селений, мелкие подробности рельефа могут быть опущены, если они не упомянуты в тексте.

Примером геологической карты, отражающей все основные геологические данные, является фиг. 212. Внизу на карте приведены условные обозначения и масштаб карты. Рельеф поверхности выражен в горизонталях.

Наряду с основной геологической картой составляют целый ряд других карт: литологическую, тектоническую, структурную, фациального состава пород, гидрогеологическую, геохимическую, геоморфологическую, четвертичных отложений, аэровизуальную, инженерно-геологическую и др.

**Литологические карты.** При составлении литологической карты учитывают по возможности все основные элементы литологических особенностей отложений на территории исследованного участка. Известно несколько способов составления таких карт.

Наиболее распространенным методом составления литологических карт является способ по преобладающим литологическим разностям пород.

Другой метод составления литологических карт (карт срезов) дает представление о литологическом составе пород участка только на определенной заданной глубине и для более полного представления о литологическом комплексе пород по всему участку на различных глубинах необходимо составление нескольких карт, что в известной степени лишает материал наглядности и затрудняет пользование им.

Примером наиболее рационального и достаточно наглядного метода составления литологической карты является такой, при ко-





На карте обозначен рельеф поверхности в горизонталях и основная ситуация — дороги (жирный пунктир), овраги и русла рек.

Условные обозначения

Постплиоцен	25	N <sup>2</sup> обнажений	Миоцен	N <sup>br</sup> <sub>1</sub>	Бюргутский горизонт	Эоцен и палеоцен	P <sub>G1-2</sub> <sup>кп2</sup>	Кочуиская свита	средний отдел
	Q <sub>3</sub>	Солончаки		N <sup>ab</sup> <sub>1</sub>	Ахудагакий горизонт		P <sub>G1-2</sub> <sup>мк2</sup>		верхний отдел
	<sup>1</sup> Q <sub>2</sub>	Покровы грязевых вулканов		N <sup>ba</sup> <sub>1</sub>	Байушкаинский горизонт	Тектонические брекчии			
	<sup>2</sup> Q <sub>2</sub>	Дельтовые, элювий и современные террасы		N <sup>ck</sup> <sub>1</sub>	Чижилягакий горизонт	Геологические границы при наклонном (1), вертикальном (2) и опрокинутом (3) залеганиях пластов			
	<sup>1</sup> Q <sub>1-2</sub>	Высокие террасы и древние алювиальные отложения		N <sup>sk</sup> <sub>1</sub>	Сиякинский горизонт	Разрывы и основные линии тектонических контактов			
Плиоцен	N <sup>prd2</sup> <sub>2</sub>	Продуктивная толща	Олигоцен	P <sub>G3</sub> <sup>мкp2</sup>	верхний отдел	Майкопская свита	нижний отдел	Падение и простирание при наклонном (1), вертикальном (2) и опрокинутом (3) залеганиях пластов	
	N <sup>prd1</sup> <sub>2</sub>			верхняя часть (грубообломочная)	нижняя часть (глинисто-песчаная)				
	N <sup>pl</sup> <sub>2</sub>	Полумилеский ярус	Нормальная фашия	Горизонтальное залегание пластов					
								Выходы нефти (1) и газа (2), Родины (3)	
								Нефтяная (1) и грязевая (2) соли	



тором имеется возможность читать вертикальный литологический разрез с основными деталями в любой точке составленной карты<sup>1</sup>.

Для этого из многочисленных литологических разностей пород выбирают основные, которым придают условные номера и цвет (или штриховку) и на этой основе составляют таблицу, соответствующую условным обозначениям (ключ карты).

Таблица 27

Условные обозначения пород литологической карты

Литологическая характеристика породы	Условные обозначения	
	номера	цвет или штриховка
Глина . . . . .	I	Горизонтальная штриховка
Известняк . . . . .	II	Вертикальная штриховка
Песок . . . . .	III	Точки
Галечник . . . . .	IV	Точки с неправильными овалами

Из разрезов скважин, шурфов, естественных обнажений выбирается с каждых двух метров (или с 1 м и даже 0,5 м) преобладающая литологическая разность и каждой такой разности придается соответствующий номер ключа карты. Для примера рассмотрим полученный разрез скважины № 1:

нанос (почвенный покров) . . . . .	0,0— 0,3 м
глина бурая плотная . . . . .	0,3— 5,2 »
песок мелкозернистый светлосерый . . . . .	5,2— 7,2 »
песок крупнозернистый с галькой . . . . .	7,2—10,0 »

Приведенный выше разрез этой скважины в условных цифрах изобразится в такой форме:

№ скважины	Глубина, м				
	0—2	2—4	4—6	6—8	8—10
I	I	I	I	III	IV

Изучив литологические разрезы по всем точкам наблюдений, все литологические разности пород можно изобразить на сводной таблице (табл. 28).

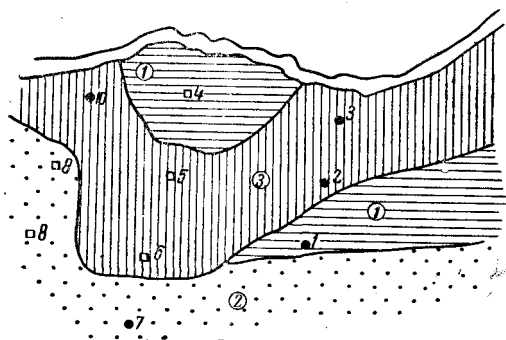
Как видно из приведенной таблицы, разрезы по некоторым выработкам повторяются. Обобщив литологический состав пород на основе преобладания одной какой-либо литологической разности, обозначим их соответствующим номером и назовем его номером контура (например, в контуре 1 преобладают глины; в контуре 2 пески).

<sup>1</sup> Кондратьев В. А. Новый метод составления литологической карты. Разведка недр, № 5, 1941.

Сводная таблица литологических разностей пород

№ точек (скважины, шурфы, обнажения)	Глубина, м					№ контура
	0—2	2—4	4—6	6—8	8—10	
1	I	I	I	III	IV	1
2	I	I	II	II	IV	3
3	I	I	II	II	II	3
4	I	I	I	II	IV	1
7	II	II	III	III	III	2

Границы этих контуров на карте проводим условно путем интерполяции между двумя соседними выработками (скважинами или шурфами).



Фиг. 213. Составление литологической карты.

1—шурфы; 2—скважины; 3—номера контуров.

Группы разрезов контуров, имеющих одну и ту же преобладающую литологическую разность, отмечаются на карте определенным цветом или штриховкой (фоном) (фиг. 213).

При вычерчивании литологической карты возле каждой скважины (выработки, обнажения) карандашом отмечают номер контура и затем путем интерполяции вычерчивают контуры сходных разрезов. При этом надо учитывать топо-

графические, геоморфологические и другие особенности участка.

Контуры с одинаковыми преобладающими разностями пород объединяются определенным фоном (цветной окраской или штриховкой).

**Тектонические карты.** Составление тектонических карт или хотя бы нанесение элементов тектоники на геологические карты — весьма существенная часть в отчете. Часто считают, что нанести на карту тектонику значит нанести только линии разрывов (сбросы, надвиги и пр.). Такое представление о графическом изображении тектоники является неправильным. На геологической карте при помощи соответствующих условных обозначений должны быть указаны все формы залегания пластов, складчатые и разрывные нарушения и прочее. Однако надо помнить, что от геолога требуется при нанесении основных характерных

элементов тектоники на геологической карте (в зависимости от ее детальности) показывать лишь только те из них, которые отчетливо и убедительно подчеркивают особенности геологического строения района и не загромождают карту при ее чтении.

**Геоморфологические карты.** Примером составления других специальных карт может явиться геоморфологическая карта, составленная на основе изучения геоморфологических факторов наземным путем и при дешифровке аэроснимков и фотосхем. Сопоставляя последние друг с другом и одновременно изучая четвертичный покров и геолого-структурные особенности исследуемой территории, можно восстановить историю развития современного рельефа.

Для решения настоящей задачи на фотосхемы наносят все геологические контуры и объекты, так или иначе отражающиеся на формировании рельефа (оси складок с обозначением направления и величины их погружения, элементы залегания крыльев складок, линии разрывов, нарушений, отдельные пласты и др.), а также четвертичные отложения, которые дешифрируют одновременно с геоморфологическим дешифрированием.

В итоге на геоморфологической карте выделяют горсты и грабены, области антиклинальных поднятий, соляных куполов и особенно области поднятий и опусканий, связанных с молодыми движениями (если таковые имели место в изучаемом районе).

#### Карты при комплексной геологической съемке

Особенное значение приобретают все перечисленные карты при комплексной геологической съемке, где каждый лист карты служит высококачественным материалом для составления сводных обобщенных карт геологического строения, подземных вод и полезных ископаемых обширных площадей и регионов.

Одним из основных требований, предъявляемых к комплексной геологической карте, является связь полезных ископаемых со стратиграфическими и фациальными показателями вмещающих пород, что создает твердую и закономерную научную основу для практических заключений и прогнозов.

Комплексная геологическая карта строится на стратиграфическом принципе, отображает многослойность пород и позволяет судить о вертикальном разрезе исследуемого района.

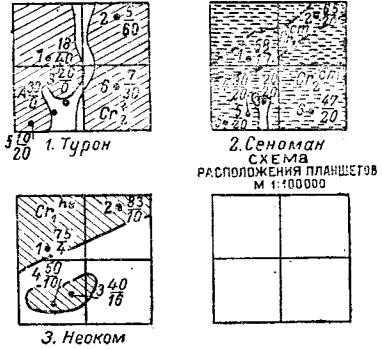
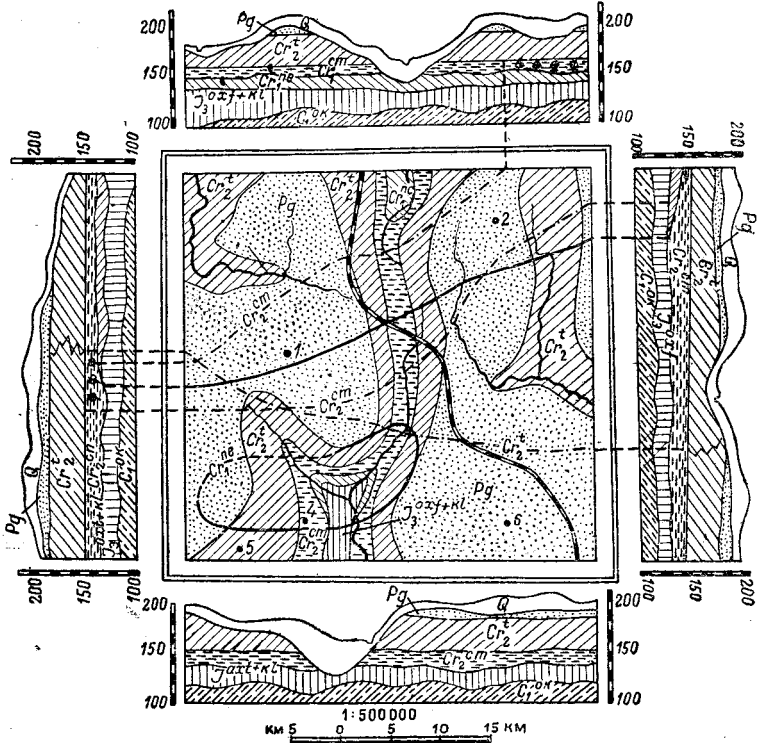
В состав комплекса входят следующие карты: литолого-стратиграфические, карты четвертичных и дочетвертичных пород в отдельности, гидрогеологическая, полезных ископаемых, гипсометрическая, геоморфологическая (с нанесением современных физико-геологических явлений), геологической изученности и фактического материала.

На основной геологической карте с соответствующей масштабу полнотой отражены стратиграфическая последовательность и региональное распространение всех выделяемых горизонтов или целых свит их, литологический состав, мощность, условия и глубина

КАРТОГРАММЫ  
ФАЦИИ И МОЩНОСТЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ  
СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТОВ  
М 1:2500000

Фиг. 214. Макет геологической литолого-стратиграфической карты.

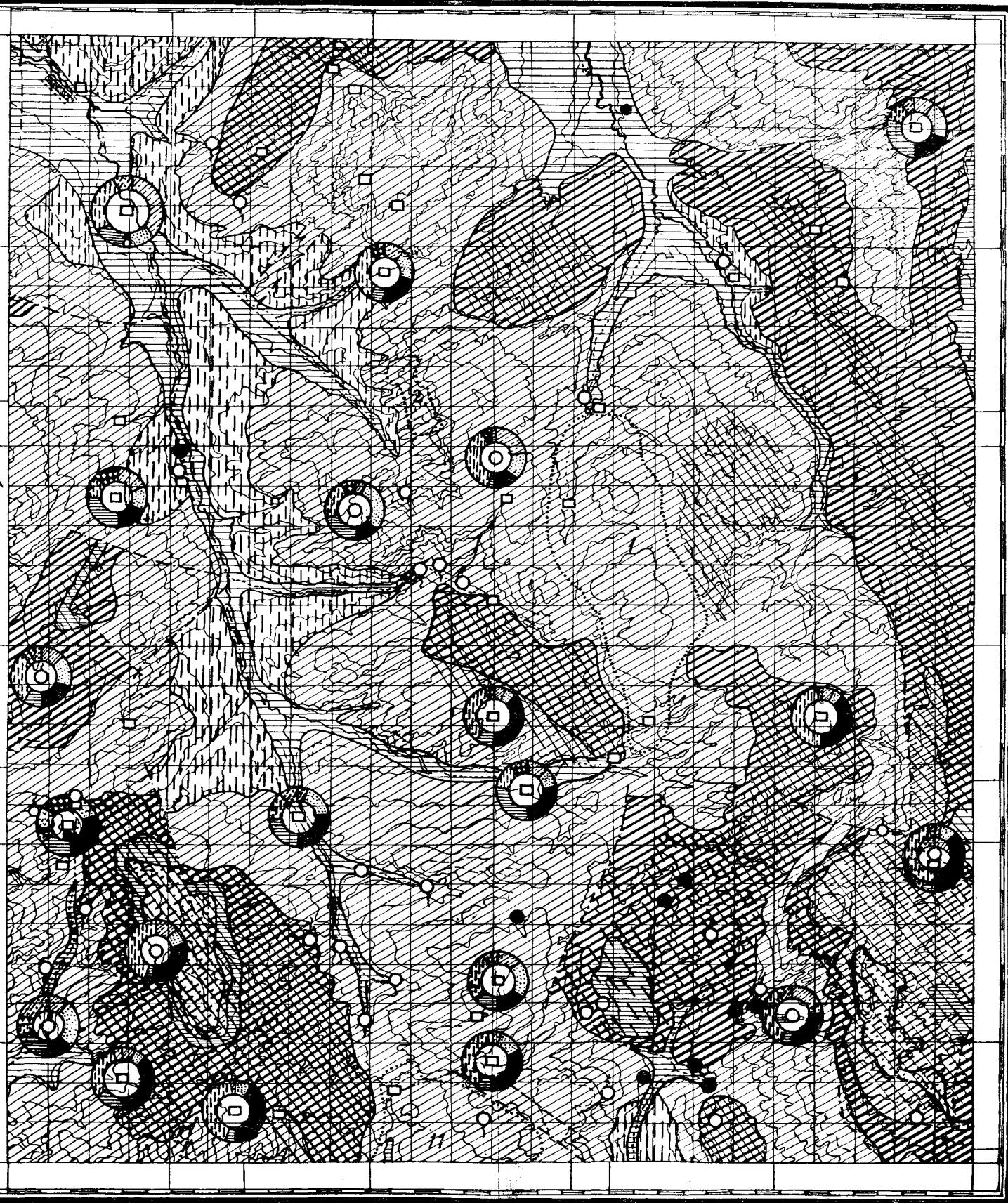
1. Палеоген. Пески.
2. Турон. Мел и глины.
3. Сеноман. Пески кварцеволгаунокитовые с фосфоритами.
4. Неоком. Глины.
5. Оксфорд и келловей. Глины.
6. Окская свита. Известняки.
7. Граница распространения стратиграфического горизонта на поверхности среза карты.
8. Граница распространения стратиграфического горизонта глубже поверхности среза карты.
9. То же предполагаемая.
10. Фациальные границы отложений.
11. Опорные выработки. Цифры слева — номер, в знаменателе — мощность слоя, в числителе — мощность вышележащих слоев.



- |                                       |   |                                       |    |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|----|
| Pg                                    | 1 | Cr <sub>2</sub> or Cr <sub>2</sub> cm | 6  |
| Cr <sub>2</sub> ne                    | 2 | Q                                     | 7  |
| Cr <sub>2</sub> cm                    | 3 | Cr <sub>2</sub>                       | 8  |
| Cr <sub>2</sub> ne                    | 4 | Cr <sub>2</sub>                       | 9  |
| Cr <sub>2</sub> or Cr <sub>2</sub> cm | 5 | Cr <sub>2</sub>                       | 10 |
|                                       |   | Cr <sub>2</sub>                       | 11 |

Примечание. Четвертичные отложения (Q) на карте не показаны, на профилях даны без расчленения на горизонты.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:



- Разнообразные по химическому составу и степени минерализации воды четвертичных отложений и делювиальных отложений.
- Слабо минерализованные гидро-карбонатно-кальциевые воды в песчаных отложениях палеогена.
- Слабо минерализованные гидро-карбонатно-кальциевые воды в отложениях маастрихтского яруса.
- Слабо минерализованные гидро-карбонатно-кальциевые воды в отложениях верхней и средней свит альбского, сеноманского и сантонского ярусов.
- Глины палеогена.
- Глины кампанского и фосфоритовая плита сантонского ярусов.
- Глины нижней свиты альбского, аптского, неокомского ярусов и верхней юры.
- Степень минерализации и химический состав подземных вод
- Слабо минерализованные воды.
- Минерализованные воды.
- Сильно минерализованные воды.
- Содержание катионов и анионов в процентах — эквивалентах.
- Степень водообильности пород
- Водообильные.
- Слабообильные.
- Пестрые по степени водообильности.
- Площади распространения напорных вод, альб-сеноманского водоносного горизонта Доказанные бурением.
- Предполагаемые.
- Источники, колодцы, шурфы и скважины
- Водотоки непересыхающие.
- Водотоки пересыхающие.
- Источник восходящий.
- Источник нисходящий.
- Колодец с водой.
- Колодец засыпанный.
- Шурфы с водой.
- Буровая скважина с водой.
- Участки неглубокого (до 10 м) залегания грунтовых вод (по геоботаническим данным).
- Разрывные нарушения
- Прослеженные
- Предполагаемые
- Источники восходящий
- Источники нисходящий
- Колодец с водой
- Буровая скважина с водой.

км 5 0 5 10 км

Фиг. 215. Макет карты водоносности пород дочетвертичного возраста для различных масштабов.



залегания. Особое внимание уделяется вопросам изменения и соотношения фаций и связи их с общей геологической и тектонической структурой местности.

На фиг. 214 изображен макет геологической литолого-стратиграфической карты, на которой площади распространения пород покрыты соответствующими обозначениями. Наряду с этим вдоль рамки карты помещены в масштабе карты вертикальные разрезы, на которых показаны мощности, а также вынесены с карты границы распространения стратиграфических горизонтов и фаций внутри последних; литологические обозначения на разрезах те же, что на карте. Наконец, рядом за рамкой карты даны в уменьшенном масштабе (1 : 2 500 000) схематические вспомогательные карточки распространения и фаций отдельных свит с обозначением опорных выработок.

Таким же способом строят карту четвертичных образований.

Карты гидрогеологическая и полезных ископаемых по своему существу очень близки друг к другу, так как они рассматривают только продуктивные или водоносные толщи, в обоих случаях оконтуривая границы распространения соответствующих фаций. На обеих картах применяют те же способы изображения многослойности и литолого-фациальных свойств пород, что и на основной геологической карте.

Карты гидрогеологическую и полезных ископаемых составляют по тому же принципу, что и геологическую карту, и преимущественно развивают ее в определенных специальных направлениях, но отнюдь не повторяют.

На гидрогеологической карте показаны условия водоносности местности, вертикальное распределение, региональное распространение, глубина залегания, характер, гидравлические свойства и взаимосвязь водоносных горизонтов, качественная и количественная оценка вод и условия их выхода на дневную поверхность (фиг. 215).

На карте полезных ископаемых обозначают площади распространения продуктивных толщ, их связь с определенными стратиграфическими горизонтами (или свитами) и фациями, мощность и условия их залегания, количественная и качественная характеристика подчиненных им полезных ископаемых.

Вспомогательными картами комплекса служат карта изученности и карта фактического материала.

Карта изученности (фиг. 216) представляет собой обобщенную схему, на которой показаны все виды геологических съемок предыдущих исследований с обозначением площади, масштаба и времени съемки. Такие схемы имеют обзорный характер и составляются в мелких масштабах (1 : 500 000).

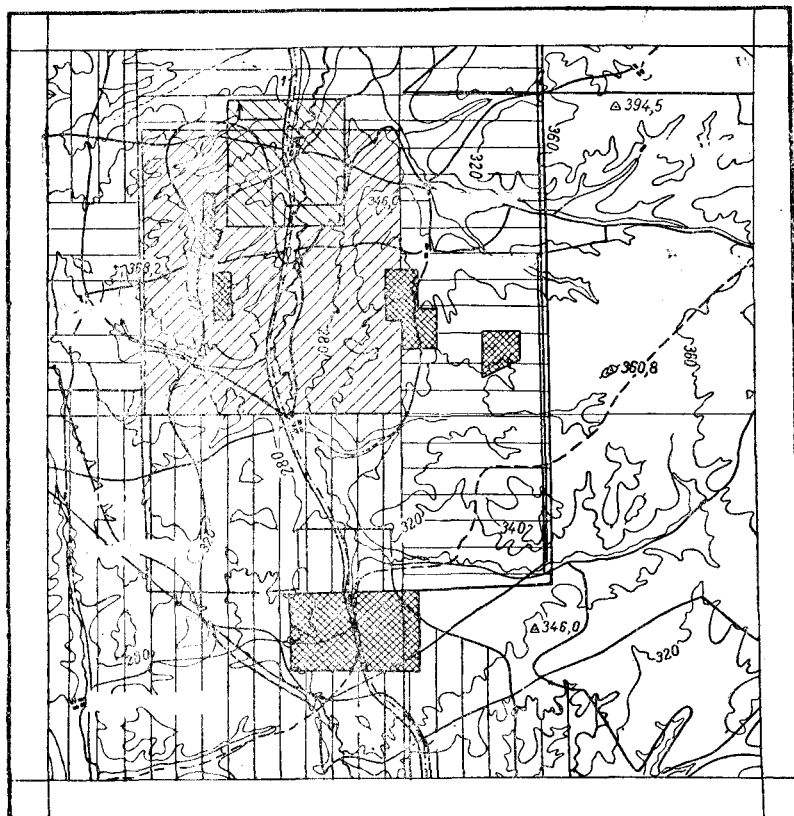
На карте фактического материала (фиг. 217) наносят в соответствующих условных обозначениях все виды работ, проведенные за полевой период (обнажения, скважины, шурфы, канавы, маршруты, точки аэровизуальных наблюдений и др.). Кроме того, здесь отмечают точки наблюдений предыдущих исследований, если они

были использованы для составления геологических и других карт и о них упоминается в геологическом отчете автора.

### СХЕМА ИЗУЧЕННОСТИ

ЛИСТА 000

масштаб 1:500.000



Гл геол экспедиции  
Нач. партии

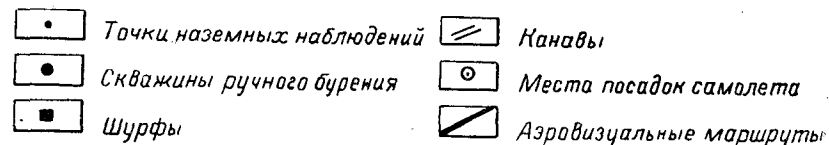
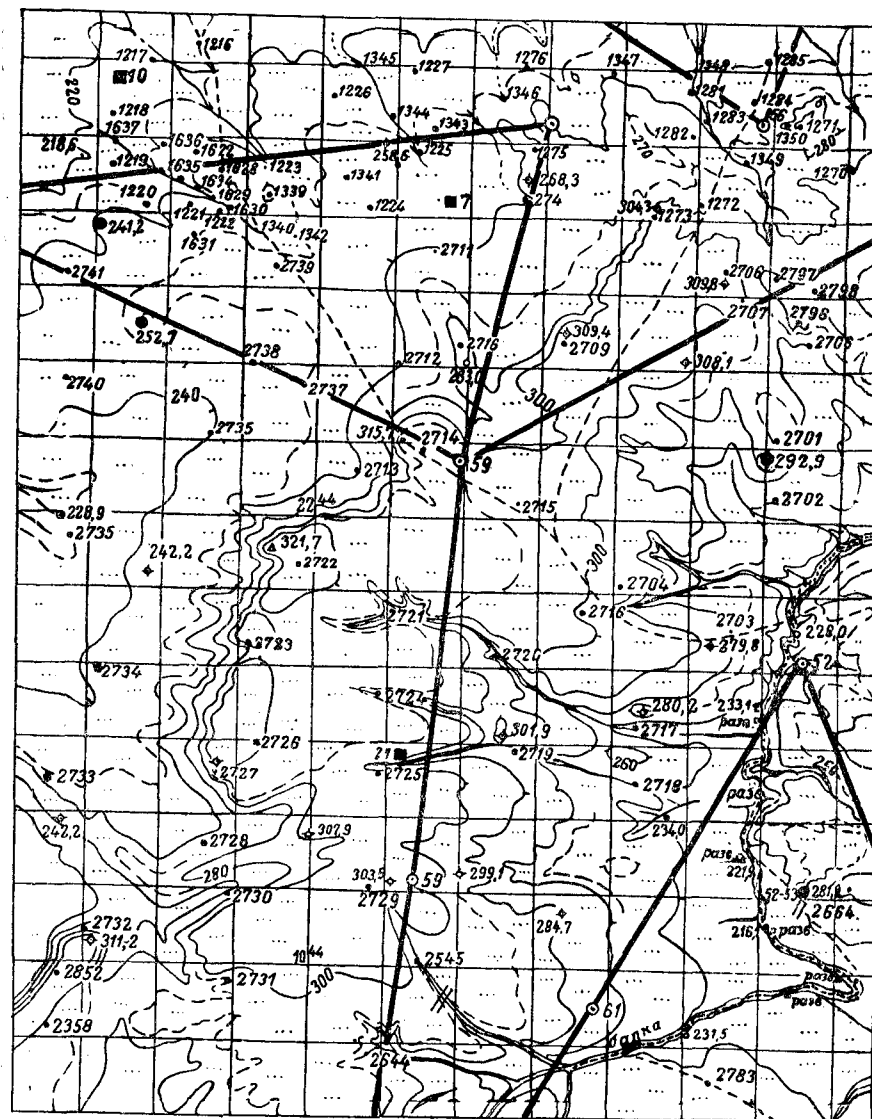


Фиг. 216. Макет карты (схемы) геологической изученности.

1 — съемки масштаба 1:500 000; 2 — съемки масштаба 1:200 000; 3 — съемки масштаба 1:50 000; 4 — съемки масштаба 1:25 000 и детально разведочные площади; 5 — изыскания вдоль трасс железных дорог.

Геологические разрезы. Выше в соответствующих разделах уже отмечались роль и значение геологических разрезов и профилей. Здесь остановимся лишь на оформлении их.

Профили (см. главу III) бывают наблюдаемые и построенные. Первые представляют результат непосредственного наблюдения при изучении какого-либо обнажения, где

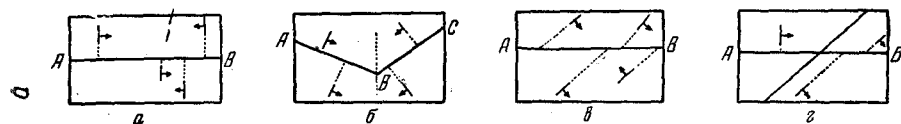


Фиг. 217. Карта фактического материала.

можно измерить и мощность и элементы залегания каждого отдельного пласта. В построенном же профиле результаты осмотра отдельных обнажений комбинируются с построениями; такие профили дают понятие о строении обширных пространств. На профиле должен быть указан масштаб (численный и линейный), без которого нельзя судить о действительной мощности отдельных пластов и свит. При отсутствии масштаба профиль превращается в схему, дающую только общее понятие об условиях залегания и взаимосвязи геологических тел.

В нормальном профиле масштаб вертикальных и горизонтальных расстояний должен быть одинаковым, так как в этом случае получается картина, соответствующая действительности. Но иногда масштаб высот делается в 2—3,5 раза и даже 10—20 раз больше масштаба длин.

Искаженный профиль может привести к ложным выводам относительно мощности, взаимной связи и залегания свит, так что



Фиг. 218. Различные случаи направления геологического разреза

а — врез простираения пород; б — ломаное по оси; в — по носому направлению (не врез простираения пород); г — при несогласном залегании.

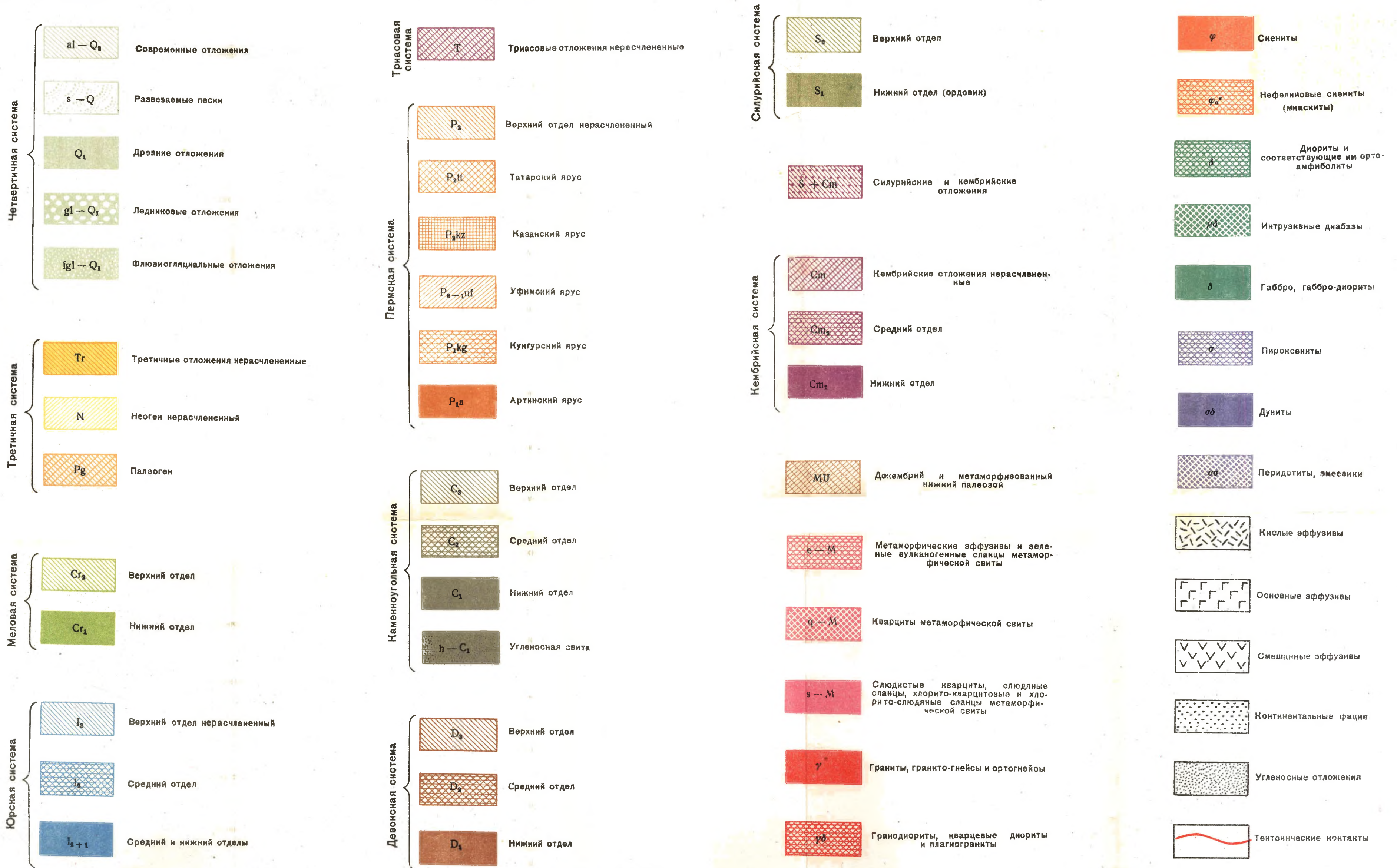
к нему следует прибегать в исключительных случаях. Отношение масштаба высот к масштабу длин непременно должно быть указано, чтобы пользующийся искаженным профилем имел это в виду.

Недостатками искаженных профильных разрезов являются кажущееся увеличение углов падения слоев и искажение мощностей. Однако такие искаженные профильные разрезы при умелом пользовании ими с достаточной точностью отражают действительное соотношение элементов геологического строения (мощностей свит, углов падения и пр.).

Для наглядности нужно пользоваться: а) повторением профильного разреза с различными степенями искажения вертикального масштаба; б) сочетанием основного профильного разреза с врезками, вычерченными в более крупном масштабе и с иным искажением; в) изображением разрывов на участках однообразного строения по способам, принятым в техническом черчении при изображении длинных деталей (штанг, труб и пр.).

Выбор направления разреза. Если простираение пород по всей карте сохраняется параллельным (фиг. 218), то линию разреза лучше проводить в том месте, где на карте есть наибольшее количество фактического материала; если простираение меняется, то линия разреза изменяет свое направление в месте пересечения с осью складки в точке В; если имеем несогласное це-





Фиг. 219

рекрывание одной толщи другой, причем простирание обеих толщ разное, то обыкновенно линию разреза проводят вкрест простирания более древней толщи, тектоника которой сложнее и более нуждается в пояснении разрезом. Если более молодая свита на карте преобладает и строение этой свиты интересно пояснить разрезом, то профильный разрез проводят вкрест ее простирания.

Аналогичные приемы применяют при диагональных разрывах, когда невозможно провести линию разреза вкрест простирания и пластов и разрывов. В этом случае предпочтение отдают простиранию пластов, но так как углы падения слоев плоскости разрывов и несогласно налегающей свиты в предыдущем случае на разрезе не отвечают истинному, то на разрезе надо показывать углы, измеренные путем пересчетов (см. приложения I и II).

Линии профильных разрезов, наносимые на картах, по концам и точкам перелома обозначают заглавными буквами алфавита. На разрезе по его концам (сверху) ставят ориентировку разреза по странам света и точки перелома.

Разрез ориентируют так, что справа должен быть север или восток, в случаях промежуточных — по большей близости к меридиану или широте. За линией, обозначающей рельеф поверхности, вверх от профиля выносят пересекаемые им реки, главные населенные пункты или вершины гор. Сбоку ставят линейку высот. Профильные разрезы, построенные на недостаточном фактическом материале, именуется «схематическими» в отличие от предполагаемых. В последних вводятся некоторые дополнения, отражающие наиболее возможные варианты геологического строения и условий залегания свит не только по результатам исследований, но и на основе общих геологических соображений.

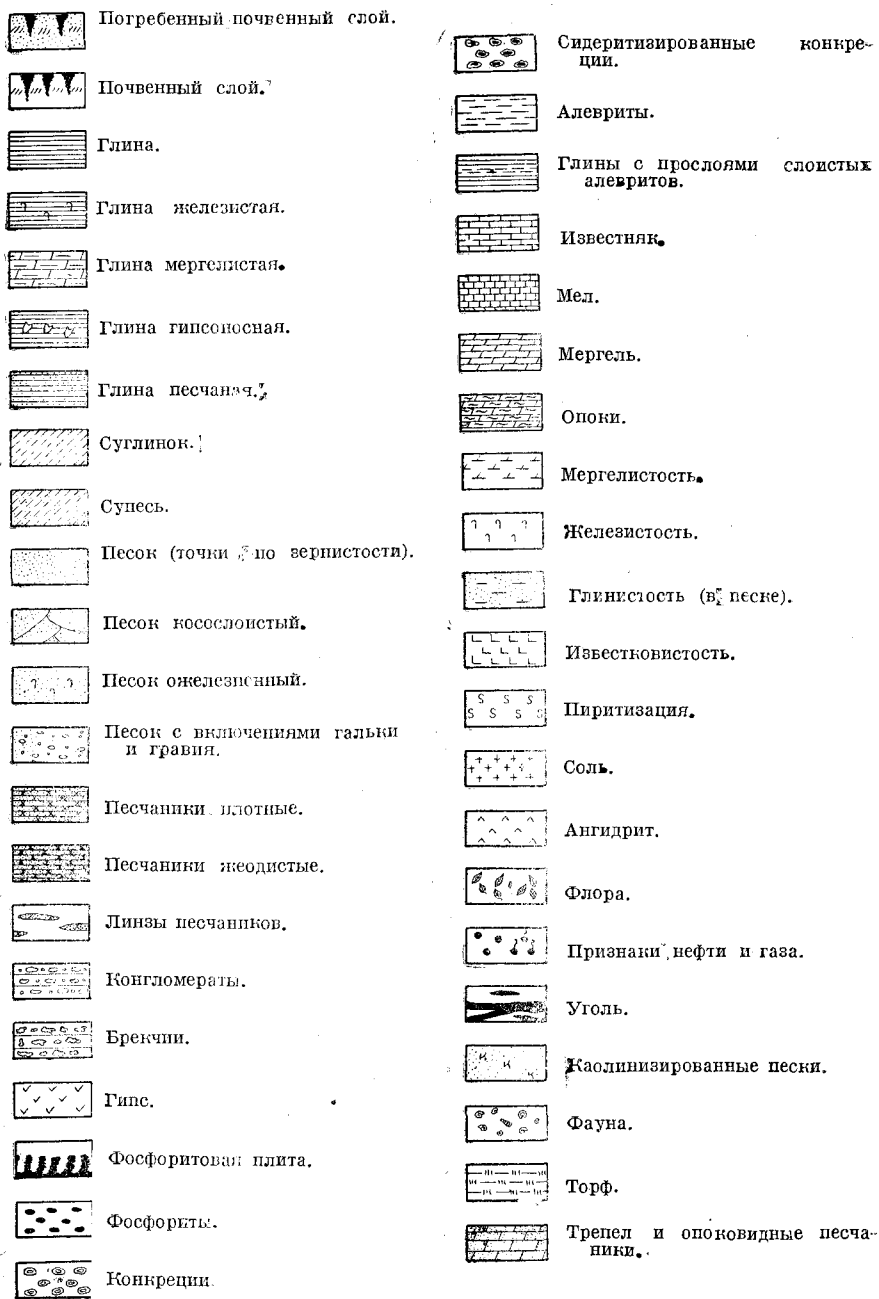
Если геологических разрезов много, то их располагают на одном листе в присущей им ориентировке; в этом случае некоторые одинаковые по простиранию точки соседних разрезов соединяют пунктиром. В случае сложных структур иногда полезно помещать разрезы на карте. При этом по линии разреза карту разрезают и раздвигают, чтобы дать место для разреза.

Геологические карты и профильные разрезы всегда сопровождаются стратиграфической колонкой (или нормальными разрезами отложений). Такую колонку помещают на полях геологической карты или вычерчивают самостоятельно. Она дает графическое изображение последовательности залегания всех основных горных пород, прослеженных в пределах исследуемого района, с обозначением литологического состава и истинных мощностей их. Масштаб ее выбирают в зависимости от мощности изученного разреза, обычно 1:100—1:200.

#### Условные обозначения

При изображении результатов геологических исследований на карте, разрезах, зарисовках и пр. неотъемлемой принадлежностью всех графических материалов являются условные обозначения, иногда называемые легендой.





Фиг. 220. Условные обозначения для колонок по обнажениям, разрезам, сводным разрезам, шурфам, канавам и скважинам.

Все условные знаки, применяемые на геологических картах, разрезах и пр., разбиваются на две группы: 1) контурные знаки, употребляемые для обозначения возраста, литологического и петрографического состава, а также их особых свойств, и 2) линейные.

Каждый геолог знает, как легко разбираться в карте или геологическом разрезе, где возрасты обозначены привычными цветами, и насколько затруднительно пользование картой со штриховой легендой или красочной, не выдержанной в стандартных цветах.

Условные знаки для обозначения слоев различного возраста должны быть подобраны так, чтобы темные краски соответствовали древним отложениям, а светлые — молодым. Это значительно облегчает чтение карты и придает всей графике соответствующую наглядность.

Аналогично этому подбирают также и штриховые знаки. Для изображения древних слоев целесообразно применять густые штрихи с постепенным разрежением этой густоты в молодых отложениях.

На обзорных картах, издаваемых в СССР, для обозначения геологического возраста отложений применяются условные обозначения, предложенные в 1892 г. на Втором геологическом конгрессе в Болонье А. П. Карпинским и детализированные работами советских геологов (фиг. 219).

К сожалению, не всегда возможно применение стандартной расцветки при составлении, например, крупномасштабных карт. Для объектов с дробной стратиграфией эти требования невозможны: например, нижневожжский ярус юры содержит более 30 горизонтов, фаунистически охарактеризованных, и если их все обозначить различными оттенками синего цвета, принятого для юрских отложений, то карта совершенно не будет читаться. Поэтому здесь возможны отступления, выражающиеся в рекомендации приложении других красочных тонов и оттенков, обеспечивающих необходимую иллюминацию и читаемость карты.

При наличии перерывов в отложениях рекомендуется вводить также соответствующие различия в цветах и обозначениях.

На геологических картах крупных масштабов помимо красочных обозначений геологического возраста отложений для изображения петрографического состава слоев применяют условные обозначения штрихами (фиг. 220).

Линейные и так называемые безмасштабные знаки, такие, например, как скважины, расчистки, шурфы, канавы, а также оси складок, тектонические линии, границы геологических контактов, разрывные нарушения, элементы залегания пластов и пр., не должны загромождать геологическую нагрузку карты и должны обеспечить возможность чтения карты. При составлении списков таких условных знаков важно соблюсти меру в установлении их количества и не слишком их дифференцировать.

Помимо условных обозначений, широко применяемых на геологических картах, каждая система имеет свой условный индекс, представляющий начальные буквы наименования свиты. Индексы

служат для облегчения чтения карты и имеют особенно большое значение в тех случаях, когда на карте имеется большое количество красочных знаков и отличаются они друг от друга лишь незначительными оттенками.

Деление отложений с обозначением их индексов приведено в приложении VIII. Все они характеризуются определенной условностью, заключающейся в том, что для обозначения индексов отделов и ярусов используют цифры, ставящиеся сбоку внизу около буквы. Так, например, отложения, относящиеся к нижнему карбону, обозначают индексом  $C_1$ ; к верхнему мелу —  $Cr_2$ . Ярусы обозначаются первыми буквами их названий и подписываются сбоку индекса системы, например артинский ярус нижнего отдела пермской системы имеет индекс  $P_1 art$  и т. д. Более дробные деления обозначаются соответственным индексом, включающим несколько показателей, например сарминская свита верхнетатарского подъяруса верхнего отдела пермской системы  $P_2 tat_4$ , или каширский горизонт московского яруса среднего отдела каменноугольной системы  $C_2^2$  для Русской платформы и западного склона Урала.

Иногда для переходных слоев или свит приходится выделять комплекс отложений и обозначать их индексами, составляемыми из букв двух систем, например пермо-карбон (PC), пермо-триас (PT) и т. д.

При чтении индекса соблюдается такая последовательность: сначала читается знак более крупного подразделения, а затем последовательно более мелкие. Так, индекс  $D_1^2$  читается: дэ один-два или кобленцкий ярус нижнего девона (т. е. средний ярус нижнего девона).

Все указанные индексы геологического возраста отложений должны быть изображены вместе с условными обозначениями сбоку справа или внизу геологической карты и помещаются слева рядом с цветной шкалой обозначений или непосредственно на поле прямоугольника.

Фациальные признаки у индексов отмечаются перед обозначением системы или ее подразделений буквами: m (морские отложения), c (континентальные), l (озерные), g (флишевые), h (угленосные). Континентальные фации обозначаются рассеянными черными точками по цвету возраста.

При нанесении на карты и разрезы континентальных четвертичных отложений применяются условные буквенные обозначения: ледниковые — gl; ледниково-речные — fgl; озерно-ледниковые — lgl; аллювиальные — al; озерно-аллювиальные — lal; пролювиальные — pl; элювиальные — el; делювиальные — d; элювио-делювиальные — eld; эоловые — eol; химические — ch; вулканогенные —  $\beta$ .

#### Блок-диаграммы и их построение

Нередко геолог, оформляя свою работу, нуждается в том, чтобы иллюстрировать ее наглядным рисунком. Наиболее наглядным средством изображения служит блок-диаграмма, рисующая

объект именно так, как воспринимает его глаз или изображает фотопластинка. Построение такой перспективной проекции сложно и, если оно не делается механически (при помощи специальных приборов), требует большого навыка и отнимает много времени.

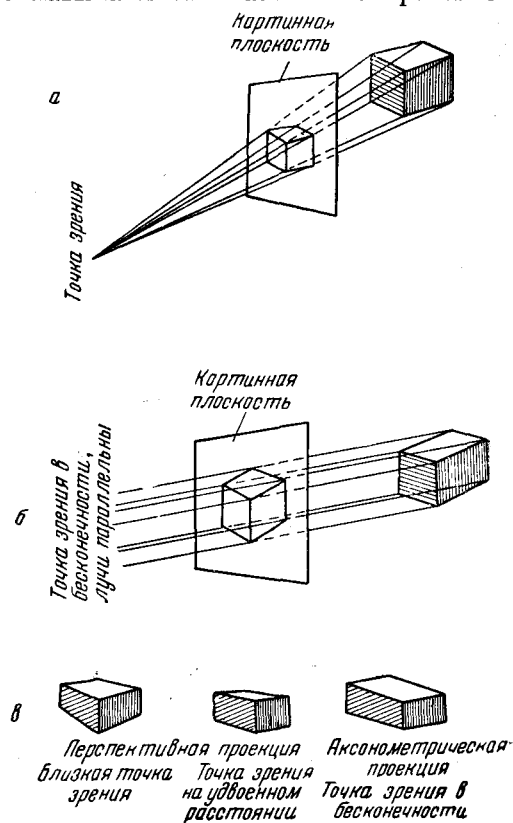
Поэтому в геологии наряду с перспективными широко применяют и аксонометрические блок-диаграммы, построение которых значительно проще.

В перспективной проекции проектирование на плоскость (называемую картиной) ведут лучами, сходящимися в одной точке (называемой точкой зрения), в которой помещается глаз наблюдателя (фиг. 221, а); в аксонометрической же — параллельными лучами (фиг. 221, б), перпендикулярными или наклонными к картинной плоскости. Аксонометрическая проекция может быть выведена из перспективной следующим образом: чем дальше находится точка зрения перспективной проекции от проектируемого объекта, тем острее телесный угол с вершиной в точке зрения, образованный проектирующими лучами, тем эти лучи ближе к параллельным. Если точку зрения удалить в бесконечность, то угол станет равным нулю, проектирующие лучи сделаются параллельными и перспективная (центральная) проекция перейдет в свой предел — аксонометрическую (параллельную).

При удалении точки зрения от проектируемого объекта будет изменяться и проекция последнего. Линии, параллельные в натуре и кажущиеся сходящимися в перспективе, будут при этом сходить под все более острым углом, а при удалении точки зрения в бесконечность сделаются параллельными и в проекции.

Основываясь на том, что всякие три отрезка произвольной длины, выходящие из одной точки, представляют собой параллельные проекции этих трех равных отрезков, образующих в пространстве прямой трехгранный угол, интересующий объект можно изобразить в любых направлениях и масштабах.

Например, для кубического блока, ограниченного двумя вертикальными плоскостями (разрезами) и третьей (планом), можно построить серию блок-диаграмм. Если по всем трем осям приняты равные (одинаковые) масштабы, то такие проекции называются изометрическими (фиг. 222). В тех случаях, когда одинаковые масштабы приняты для двух осей, а по третьей — меньше (или больше), проекции диметрические. И, наконец, если все три масштаба в



Фиг. 221. Виды проекций.

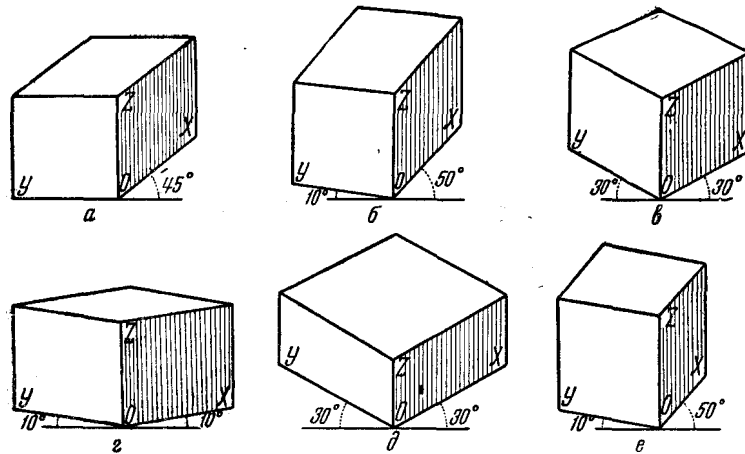
а — перспективная; б — аксонометрическая проекция в построении; в — эти же проекции в законченном виде.



направлении главных осей не равны друг другу то такие проекции называются триметрическими.

В зависимости от изображаемого объекта пользуются той или другой проекцией. Основным соображением при выборе проекции является желание подобрать ее так, чтобы наиболее важные и наиболее геологически освещенные поверхности претерпевали наименьшее искажение.

Для построения блок-диаграммы на карте очерчивают границы блока и измеряют их линейкой; на разрезах, ограничивающих блок, выделяют части их, которые должны будут образовать вертикальные грани блок-диаграммы, и измеряют их высоту. Затем



Фиг. 222. Методы изображения блок-диаграмм в различных проекциях и масштабах.

*a, б, в* — изометрические (масштаб по всем трем осям одинаков); *г, д* — диметрические (масштаб одинаков по двум осям); *е* — триметрическая (масштабы по всем трем осям не равны друг другу).

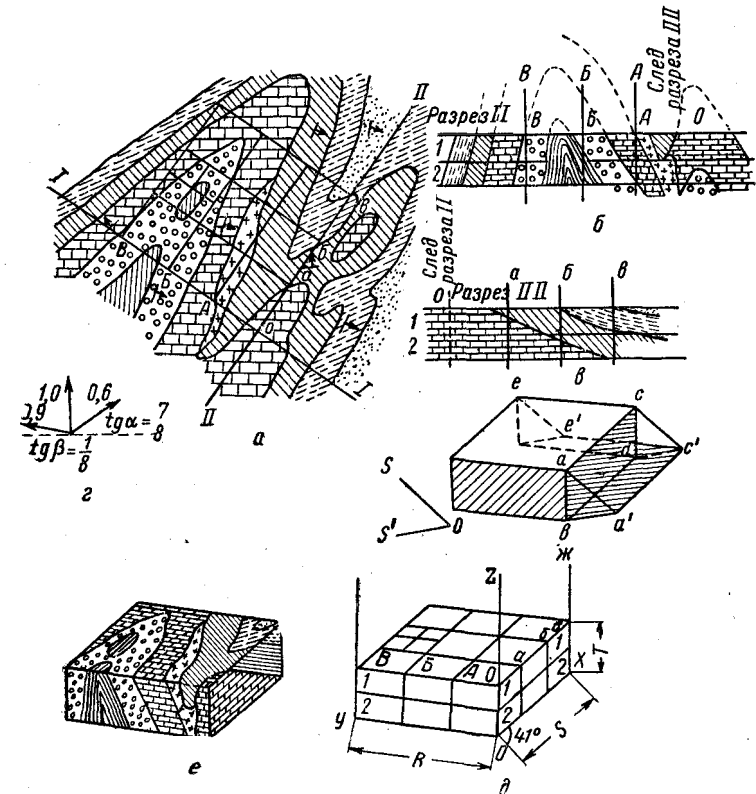
вычерчивают контуры блока. Разбив карту и разрезы на квадраты и прямоугольники, проводят соответствующую разбивку блока на ромбы или параллелограммы и на них наносят геологическую нагрузку.

**Пример.** Требуется построить блок-диаграмму участка, выделенного разрезами I—I и II—II из карты, изображенной на фиг. 223, *a*.

Для этого принята триметрическая проекция со следующим искажением масштабов: по  $Oz$  — 1,0; по  $Oy$  — 0,9 и по  $Ox$  — 0,6. Углы между горизонтальной прямой и проекциями горизонтальных ребер взяты:  $Ox$  —  $41^\circ$  и  $Oy$  —  $7^\circ$  (фиг. 223).

Для построения задаемся передней нижней точкой блока  $O$  и из нее проводим прямые  $Ox$  и  $Oy$  под углами  $41^\circ$  и  $7^\circ$  к нормальному положению горизонтальной прямой (фиг. 223, *д*). На карте измеряем отрезки  $OB$  и  $Ob$ , ограничивающие блок, уменьшаем их соответственно искажениям масштабов, т. е. умножаем на коэффициенты 0,6 и 0,9, и откладываем полученные отрезки по осям  $Ox$  и  $Oy$ . Из полученных таким образом точек, а также из точки  $O$  проводим вертикальные прямые, на которых откладываем глубину разреза (т. е. высоту блока). Они будут отложены в натуральную величину, так как искажение по оси  $Oz$  равно единице. Соединяя эти точки прямыми  $OB$  и  $Ob$  и проводя из точек  $B$  и  $b$  им параллельные, получаем контуры блока.

Чтобы нанести на блок геологическую нагрузку, разбиваем карту на квадраты или прямоугольники. Для этого по прямым  $OB$  и  $Ob$  (см. фиг. 221, *a*) откладываем равные отрезки или же эти прямые разбиваем на равные части. В результате получаем точки  $A, B, B'$  и  $a, б, в$ . Эти точки переносим на разрезы и проводим через них вертикальные прямые. Для обеспечения переноса геологической нагрузки с разрезов на разрезах проводим несколько горизонтальных линий 1, 2 и т. д. на равном расстоянии одна от другой.



Фиг. 223. Последовательность построения блок-диаграммы.

*a* — геологическая карта; *б, в* — геологические разрезы по линиям I—I и II—II; *г* — масштаб искажения по трем осям; *д* — схема разбивки плана (карты) и разрезов на квадраты и нанесение их на блок-диаграмму;  $S, R, T$  — общие размеры по осям; *е* — построенная блок-диаграмма;  $ж$  — построение тени (при направлении луча  $S'O$  и его горизонтальной проекции  $S'O'$ ).

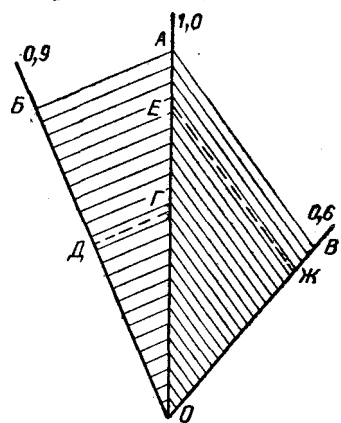
На осевых ребрах блока откладываем соответствующие отрезки, уменьшенные сообразно с искажениями масштабов.

Геологические контуры освещаемого объекта перерисовывают на блок по квадратам (или прямоугольникам). Для удобства квадратам придают соответствующее наименование. Удобно по одной из осей обозначить их прописными буквами, а по другой — строчными, по третьей оси (в нашем примере — вертикальной  $Oz$ ) — цифрами. Такое же наименование получают и ромбы (или параллелограммы) на блок-диаграмме.

Для перенесения геологических контуров целесообразно пользоваться пропорциональным циркулем, которым снимают точку пересечения контура

с линией сетки. Полученный отрезок, уменьшенный пропорциональным циркулем, откладывают вдоль соответствующей линии сетки на блок-диаграмме. Внутреннюю площадь квадрата заполняют на-глаз. Если нет пропорционального циркуля, можно пользоваться пропорциональным масштабом. Для построения его (фиг. 224) через точку  $O$  проводят вертикальную прямую, на которой откладывают произвольный отрезок  $OA$  (удобнее целое число сантиметров). Из точки  $O$  под произвольными углами проводят прямые, на которых откладывают отрезки  $OB$  и  $OV$ , равные отрезку  $OA$ , уменьшенному сообразно искажению масштабов по осям  $Oy$  и  $Ox$ . Точку  $A$  соединяют с точками  $B$  и  $V$  прямыми. Углы  $BOA$  и  $VOA$  густо заштриховывают параллельно этим прямым.

Чтобы отложить на блок-диаграмме по линии, параллельной оси  $Oy$ , какой-либо отрезок, его снимают циркулем с карты и откладывают от точки  $O$  по прямой  $OA$ . Пусть это будет отрезок  $OG$ . Из точки  $G$  проводят прямую



Фиг. 224. Пропорциональный масштаб для построения блок-диаграммы.

ГД, параллельную  $AB$ , и отрезок  $OD$  откладывают на блок-диаграмме. Действительно,  $OD : OG = OB : OA$  представляется как искажение по оси  $Oy$ . Правая сторона пропорции по условию построения равна искажению вдоль оси  $Oy$ , откуда отрезок  $OD$  равен проекции  $OG$  вдоль оси  $Oy$ . Аналогично получаем и величины отрезков вдоль оси  $Ox$ , откладывая величины отрезков, взятые с карты вдоль отрезка  $OD$  и снимая их с отрезка  $OV$ .

Для придания готовой блок-диаграмме (см. фиг. 223, ж) наглядности очень рекомендуется изображать тень. Обычно освещение располагают, так, чтобы в тени оставались наименее освещенные геологические разрезы. Освещение, как правило, берут солнечное, т. е. параллельными лучами. При отделке блок-диаграммы тень делают карандашом, акварелью или разведенной тушью; желательно делать ее густой возле поверхности, отбрасывающей тень, и постепенно ослаблять к краю.

Условные знаки нигде не имеют такого значения, как в блок-диаграммах. Неудачно выбранный условный знак может лишить ее наглядности. Условные знаки надо положить на плоскости блока. Вертикальные линии должны быть вертикальными на плоскостях разрезов, а на планальной плоскости — параллельными одному из горизонтальных ребер или одному из направлений координатной сетки, если она параллельна ребрам. Надписи также надо класть на плоскость. Шрифт должен быть не прямой, а наклонный сообразно с наклоном осей аксонометрической проекции. Это же условие необходимо соблюдать при вычерчивании надписей на планальной плоскости. Надписи на вертикальных разрезах пишут вертикально, а горизонтальные — параллельно проекции соответствующего горизонтального блока. Ширина букв должна быть уменьшена сообразно с искажением масштаба вдоль соответствующей оси.

Условные обозначения (легенду) надо изображать в виде кубиков (фиг. 225, а).

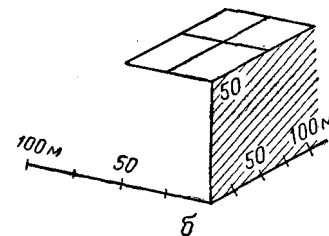
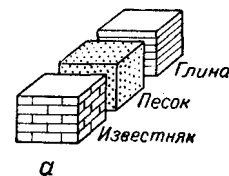
Масштаб блок-диаграммы должен быть тройным: для всех трех осей. Если он дается в численной форме, то пишется обычно так: горизонтальные масштабы 1 : 1000 и 1 : 1666, вертикальный — 1 : 1000. Некруглые (дробные) величины знаменателей масштабов вытекают из искажения масштабов по горизонтальным осям. Линейный масштаб дают в виде трех отрезков, параллельных трем осям (фиг. 225, б), причем если его дают в виде простых тонких линий, то подписывать их ненужно, так как всякие надписи будут подчеркивать плоскость бумаги, что будет уменьшать наглядность блока.

В этом случае надо подписать значение масштабного отрезка, совместив его с нижним передним трехгранным углом блока.

При ограничении блока не планальной плоскостью, а топографической поверхностью последнюю передают обычно методом горизонталей (фиг. 226, е). Чтобы придать большую наглядность рельефу, его можно отмыть, оттушевать или дополнительно покрыть гаширом (штрихами).

Каким бы способом рельеф ни изображался, строят его при помощи перенесения горизонталей с карты.

С карты (фиг. 226, а) горизонтали переносят методом перерисовки по квадратам на аксонометрическую проекцию планальной плоскости



Фиг. 225. Условные обозначения и масштаб для блок-диаграмм.

а — литологический состав пород; б — линейный масштаб для блок-диаграмм.

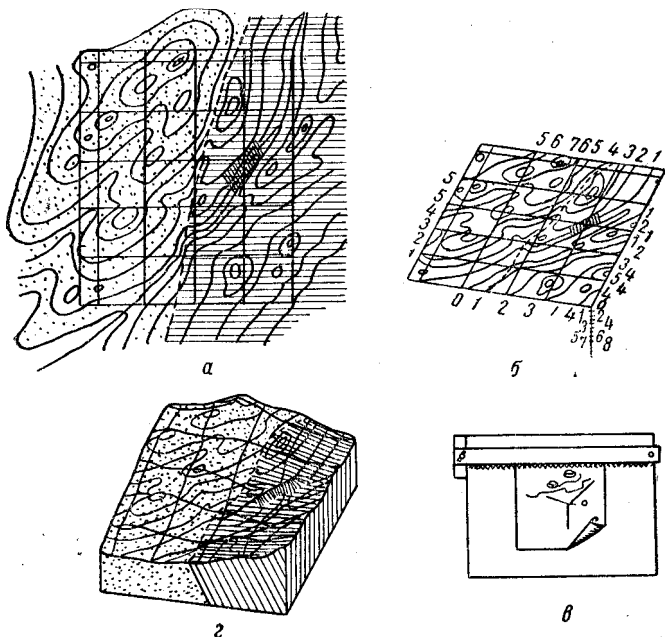
(фиг. 226, б). Но этот чертеж является лишь аксонометрической проекцией плоскости, а не рельефа. Для изображения последнего необходимо каждую горизонталь поднять на присущую ей высоту, т. е. передвинуть ее вдоль вертикальной оси на величину, равную в соответствующем масштабе превышению над нижней точкой планшета, оставляя ее параллельной самой себе.

Для этого из одного угла проекции плана прочерчивают вниз ось  $z$ , на которой откладывают отрезки, равные высоте сечения горизонталей. Чтобы не ошибиться при построении, подписывают горизонтали и соответствующие им отметки по оси  $z$ , причем последние имеют нуль вверху (у угла плана), а наивысшую отметку у нижнего деления.

Построение ведут на восковке, которую подклеивают к рейсшине (фиг. 226, в) так, чтобы движение последней было строго параллельно оси  $z$ . На восковке обычно прочерчивают эту ось и на ней ставят черточку-индекс (на фиг. 226, в —  $O$ ). Правильность положения рейшины проверяют тем, что при ее движении ось  $z$ , вычерченная на восковке, совпадает с осью  $z$  плана. Затем, передвигая рейшину с восковкой, придают ей такое положение, при котором индекс  $O$  восковки совпадает с высшей отметкой оси плана (на фиг. 226, б — с цифрой 8). Не смещая рейшины, копируют на восковку все горизонтали, имеющие эту отметку. Затем рейшину передвигают выше на высоту сечения, т. е. до совпадения индекса  $O$  со следующей отметкой, и копируют на восковку следующую ниже лежащую горизонталь. Это продолжается до тех пор, пока индекс  $O$  не перейдет в

угол проекции карты и не будет скопирована наинизшая горизонталь. При достаточно крутых склонах, т. е. при густо лежащих горизонталях, они будут заходить друг за друга (фиг. 227). Это будет соответствовать такой крутизне склонов, обращенных от наблюдателя, при которой они перестают быть видимыми под заданным углом зрения. В этом случае части горизонталей, заходящие за вышележащие (пунктир на фиг. 227), не должны вычерчиваться. Группа взаимно перекрывающихся горизонталей очерчивается касательной к ним плавной кривой *АВ*, являющейся проекцией склонов.

Точки окончания горизонталей (вернее, точки пересечения их с рамками карт) соединяют плавными кривыми, являющимися, с одной стороны, проек-



Фиг. 226. Изображение рельефа при построении блок-диаграммы.

*а* — карта с обозначением рельефа в горизонталях; *б* — аксонометрическая проекция планальной плоскости; *в* — построение рельефа при помощи восковки, подклеенной к рейсшине; *г* — построенная блок-диаграмма с изображением рельефа.

циями разрезов по рамкам планшета, а с другой, — проекциями кривых (конечно, лежащих в вертикальных плоскостях), ограничивающих изображенную топографическую поверхность.

Для нанесения линий, не лежащих в горизонтальных плоскостях (т. е., секущих горизонтали линий координатной сетки, контактов, дорог, границ рек и т. п.), отмечают точки их пересечения с горизонталями в процессе копировки последних на восковку и эти точки соединяют с кривыми, выровывая на глаз детали их, находящиеся между горизонталями.

**Форма блок-диаграмм.** При построениях блок-диаграмм далеко не обязательно выбирать блок кубическим или квадратно-призматическим. Вообще он может иметь любую форму. Однако при выборе формы блока не следует забывать, что главное назначение блок-диаграммы — наглядность; глаз легче вос-

принимает простые формы, и потому лучше останавливаться на прямоугольном, а не на косоугольном параллелепипеде. Все же иногда выгодно применять и косоугольный параллелепипед, например, когда геолог имеет в своем распоряжении данные разрезов, пересекающихся не под прямым углом, и не может интерпретировать геологию на систему прямоугольных разрезов.

Нередко на одном блоке желательно показать несколько разрезов, которые могут быть расположены в любой части блока,



Фиг. 227. Изображение рельефа местности (крутизны склона) методами изогипс при построении блок-диаграммы.

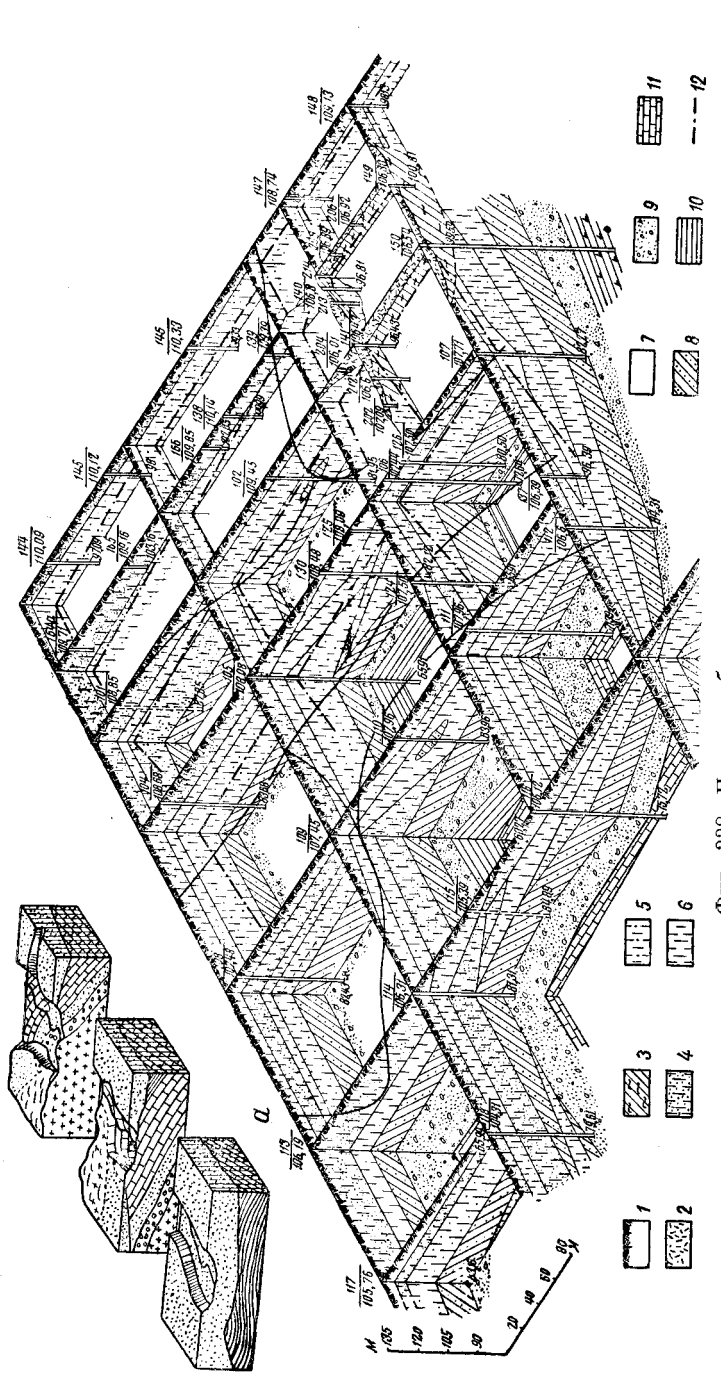
иметь любую форму и размеры, быть прямолинейными и по ломаным линиям (фиг. 228, *а*). При таком изображении отдельные блоки желательно раздвигать так, чтобы предыдущий блок лишь немного заслонял последующий.

Способ раздвигания обладает тем недостатком, что глаз воспринимает разрезанный и раздвинутый объект несколько вытянутым в направлении раздвигания. При большой сложности изображаемого объекта (мелкие выклинивающиеся пласты, сложная складчатость, системы сбросов) глаз должен напрягаться, чтобы проследить его с одного блока на другой. Поэтому иногда комбинируют раздвигание с вырезыванием и ступенями.

Для специальных целей могут быть построены особые блок-диаграммы. Так, в литологии и стратиграфии, где имеют значение пространственное распределение мощностей слоев и порядок их напластования, а форма их выходов на поверхность, являющаяся функцией пересечения стратиграфической и топографической поверхностей, несущественна, строят «открытые сверху» блок-диаграммы (фиг. 228, *б*). Это — две системы разрезов (параллельных и близких к ним), образующих как бы ячейки и не покрытых не нужной в данном случае планальной плоскостью.

Структурная геология пользуется стратигипсометрическими блок-диаграммами, которые вместо планальной плоскости ограничены сверху какой-либо стратиграфической поверхностью (плоскостью напластования). В этих же целях составляют разборные блок-диаграммы, раздвинутые по какой-либо стратиграфической поверхности в вертикальном направлении. Последние в отличие от стратигипсометрических сохраняют верхнюю часть, снятую по плоскости напластования; это позволяет увязать пласт, по которому произведен разбор, с топографической поверхностью.

При построении блок-диаграммы необходимо серьезно обдумать, для чего она строится, что из имеющегося материала

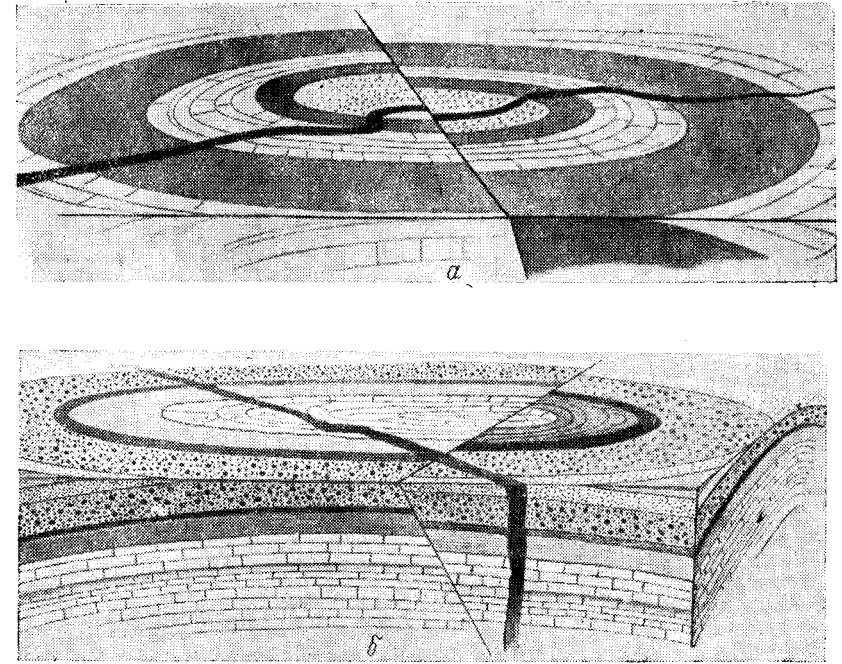


Фиг. 228. Примеры блок-диаграмм.

а — последовательное размещение отдельных блоков при построении блок-диаграммы; б — геологическое строение участка в аксонометрической проекции (для инженерных целей); 1 — почвенный покров (наносы); 2 — торф буровато-коричневый; 3 — суглинок желтовато-коричневый; 4 — суглинок желтовато-коричневый легкий; 5 — суглинок желтовато-коричневый лесовидный; 6 — суглинок желтовато-коричневый тягелый; 7 — суглинок серый лесовидный; 8 — глина зеленовато-серая песчаная; 9 — песок, галечники; 10 — глина плотная; 11 — известняк серый крепкий; 12 — уровень грунтовых вод. Дробные обозначают числитель — номер скважины, знаменатель — абсолютную отметку устья скважины. Целые числа показывают глубину забоя скважины.

существенно и должно быть подчеркнуто и что следует отбросить, чтобы не затенить общей идеи чертежа, и в зависимости от этого остановиться на той или другой ее форме, проекции и направлении луча зрения (фиг. 229).

В настоящее время существует целый ряд конструкций для вычерчивания блок-диаграмм, среди которых такие, как перспек-



Фиг. 229. Блок-диаграммы антиклинальной складки.

а — антиклинальная складка, осложненная дайной и затем нарушенная сдвигом; б — складка, разбитая поперечным сбросом и осложненная диагональной дайкой, наиболее молодой по времени образования.

тограф Уральского геологического управления (предложенный М. С. Розенталем), простейший изометрограф (предложенный В. Д. Тимофеевым) и ряд других.

### Использование стереоаксонометрических проекций для изображения структурных форм

Сtereoаксонометрический способ изображения по своей природе является частным видом аксонометрического проектирования.

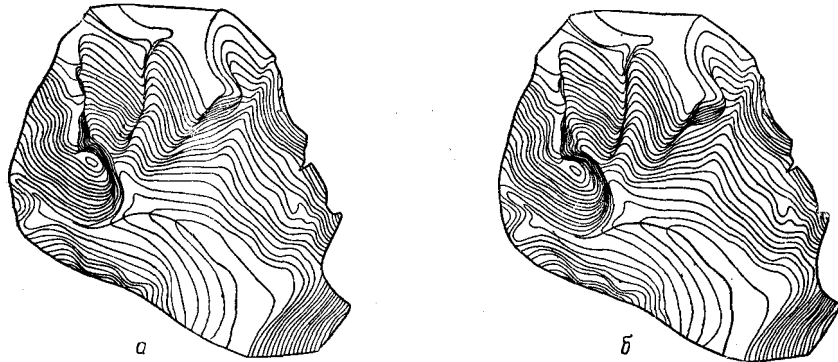
Изображение в стереоаксонометрической проекции позволяет ощущать при помощи стереоскопа «рельефность» предмета — получить стереоскопический эффект. Для этого строят два изображения предмета по его проекции. Первое изображение предмета в ортогональной проекции с числовыми отметками, видимое правым глазом наблюдателя, и другое — изображение предмета в проекции с числовыми отметками, наблюдаемое левым глазом. Оба стереоаксонометрических графика (один для левого, другой для правого

глаза) существенно отличаются от обычных аксонометрических изображений.

Техника графического построения изображения предмета в стереоаксонометрической проекции проста, для получения же стереоскопического эффекта можно или использовать простой стереоскоп, или же пользоваться особыми графиками, называемыми анаглифами.

Практически стереоаксонометрические графики строят следующим образом.

На исходный график, представляющий собой структурную карту в изолиниях, накладывают лист чистой кальки и на нее копируют горизонталь с максимальной отметкой; так же копируют рамку планшета (плана) или его



Фиг. 230. Стереоаксонометрический график структурной поверхности, а — для правого глаза наблюдателя; б — для левого глаза наблюдателя.

координатную сетку. Затем восковку перемещают по направлению координатных осей  $y$  и  $x$  на величину  $a$ , равную 0,5—2 см, так что перемещение это происходит по направлению, составляющему угол  $45^\circ$  с осью  $y$ . В этом положении на восковку копируют план следующей горизонтали, после чего восковку снова перемещают в том же направлении, на ту же самую величину  $a$  и копируют изображение следующей горизонтали и т. д. В результате таких перемещений и последовательных построений получается стереоаксонометрический график поверхности, рассматриваемый правым глазом наблюдателя (фиг. 230, а).

Аналогично строят стереоаксонометрический график этой же поверхности для левого глаза (фиг. 230, б) с тем лишь отличием, что смещение восковки по направлению оси  $y$  будет меньшим, чем в первом графике, и перемещение восковки будет производиться по направлению, составляющему с осью координат угол  $35-40^\circ$ .

При рассмотрении полученных графиков через стереоскоп будем видеть рельефное изображение данных объектов (например, форму структуры в целом и в отдельных ее элементах). Если полученные графики скопировать на один лист бумаги и изобразить один график синим цветом, а другой красным, получим так называемые анаглифы. При рассмотрении анаглифов через разноцветные очки с синим и красным стеклами также получается стереоскопический эффект.

#### § 4. Объем и содержание отчетов

Отчетность в период полевых и камеральных работ. По полевым и камеральным геологическим работам составляют отчеты следующих типов: а) месячные информационные геолого-технические — с мест работы; б) предварительный; в) полный или окончательный; г) сводный

по законченному геологическим исследованием району по работам за несколько лет. Этот отчет составляют по особому поручению геологического учреждения один или несколько геологов, работавших в данном районе.

Месячный информационный геолого-технический отчет содержит в себе:

а) геологическую и техническую информацию о проделанной за месяц работе;

б) краткие сведения о главнейших геологических результатах;

в) изменение и уточнение к плану работ в следующем месяце.

Предварительный отчет сдают не позднее 10—15 дней после окончания полевого периода, и его назначение дать краткую характеристику выполненной работы, ее объема, научного и практического значения. Содержание отчета следующее:

а) географическое и административное положение района;

б) цель работы и указание, является ли работа новой или продолжением работ предыдущих лет;

в) срок полевой работы, масштаб, разрез заснятой площади;

г) краткая характеристика основных черт геологического строения района;

д) общие черты тектоники;

е) сведения о полезных ископаемых и новые данные по структурам и о практическом значении района, существенно меняющие их оценку.

К отчету прилагаются обзорная карта исследованного района с указанием границ заснятой площади и ее географических координат и предварительная геологическая карта с профилем и колонкой нормального стратиграфического разреза.

Представление указанных материалов к предварительному отчету преследует задачи возможности проектирования дальнейшего вида работ, не ожидая представления полного отчета.

Полный и сводный отчеты представляют в конце камерального периода.

Камеральную обработку геологических материалов и составление геологических отчетов, как правило, следует производить в поле одновременно с геолого-съёмочными работами.

Надо помнить, что итоги геолого-съёмочных, гидрогеологических, поисковых и других видов работ, сконцентрированных в геологических отчетах, являются той основой, на материалах которой ведут проектирование промышленных предприятий. Поэтому полнота и высокое качество отчетов, правдивость и точность приводимых в них данных должны быть в центре внимания руководителей и исполнителей этих работ.

После обработки всего собранного в полевой период фактического материала (определение фауны, производства литологических и химических анализов и пр.) представляют окончательный отчет, содержащий следующие разделы.

Введение. Эта общая глава содержит указания о географическом и административном положении района, номера, назва-

ния и границы исследованных планшетов или листов, сборную карту мелкого масштаба, на которой показывается исследованная площадь.

Далее помещаются указания на цель работ, на общую их организацию, на участие других лиц в исполненной работе и в обработке материалов.

История исследований включает обзор исследований и литературы, опубликованной и рукописной, перечисление опубликованных геологических карт с указанием их характера и масштаба. Приложением является карта геологической изученности.

Обзор исследований данного района в прошлом делают в самом сжатом виде с ссылкой на главнейшую геологическую литературу. Следует указывать, опубликованы ли геологические карты района и в каком масштабе. Необходимо дать обзор и оценку прежних работ, указать на расхождения с прежними исследователями в изложении фактического материала, в толковании важнейших геологических вопросов и в оценке практического значения данного района.

Физико-географический очерк должен быть очень кратким. Здесь дают общие указания о характере рельефа района, степени его пересеченности, средние абсолютные и относительные высоты крупнейших долин и водоразделов, степень обнаженности, характер гидрографической сети, растительный покров, климатические особенности, населенность, степень освоенности, пути сообщения и т. п.

Стратиграфический и литологический очерки состоят из описания всех выделяемых по возрасту геологических образований, начиная с древнейших и кончая четвертичными отложениями.

Для каждого комплекса отложений дают описание его распространения на поверхности, приводят сжатую литологическую характеристику, список главнейшей фауны и флоры, указывают возраст свиты. Указывают мощность (в метрах) описываемых стратиграфических свит, приводят подробное описание контактов и переходов между отдельными горизонтами и свитами. Сложные и детально расчлененные стратиграфические разрезы иллюстрируют колонкой нормального разреза с указанием всех перерывов в отложениях и угловых несогласий в напластовании.

Магматические образования, синхронные с осадочными толщами (лавы, туфы, вулканические брекчии и т. п.), а также метаморфические толщи включаются в стратиграфическое описание и колонку нормального разреза с указанием их названий.

Общий разрез стратиграфических единиц очень важно иллюстрировать приведением фактических материалов в виде описания наблюдаемых в определенных местах детальных разрезов (обнажений). При этом очень желательны графические изображения (колонки и зарисовки). При всей ценности точных описаний обнажений в отчет надо помещать лишь самое ограниченное их число,

выбирая наиболее важные. Иногда необходимо дать описание таких обнажений, которые служат основанием для важнейших выводов по стратиграфии.

Характеристику фациальных особенностей разреза приводят при описании каждой стратиграфической единицы, причем указывают изменения фаций в различных частях районов.

Описание разреза завершается характеристикой четвертичных отложений, среди которых выделяются генетические типы и стратиграфические комплексы.

Приложением являются сводная стратиграфическая колонка, стратиграфическая схема четвертичных отложений, частные колонки, разрезы, схемы фаций, зарисовки и фотографии обнажений или горных выработок, микрофотографии.

Тектонический очерк должен содержать подробные сведения о тектоническом строении изученной площади. В начале приводят общее описание тектоники района, а затем характеристику ее на каждом участке, изменение тектоники по простиранию, описание отдельных нарушений и общие выводы о степени тектонической изученности района.

В главе о тектонике приведение фактического материала, главным образом в виде зарисовок по обнажениям, также необходимо, как и в главе о стратиграфии. Особое внимание должно быть уделено времени проявления тектонических процессов, угловым несогласиям, трансгрессивному залеганию, резкой смене фаций, наличию конгломератов, глыбовых брекчий и т. д., так как все это должно служить обоснованием для выяснения последовательности тектонических процессов.

Особо также следует отметить связь проявлений вулканизма с тектоническими фазами.

Иллюстрационным материалом в этой главе служат разрезы различных тектонических структур, структурные карты, зарисовки, фотографии.

На основе материалов, изложенных в главах о стратиграфии и тектонике, приводят краткий очерк геологической истории данной области (краткие сведения о палеографии, режиме соответствующих водных бассейнов, условиях развития и смены последних и т. д.). Графическими приложениями являются карты фаций и мощностей.

Петрографический очерк включает описание пород и их возрастные взаимосвязи. Особое внимание уделяют формам залегания, контактам, фациям магматических, метаморфических и осадочных пород.

Геоморфологический очерк состоит из описания зон района с преобладающими процессами эрозии и аккумуляции, форм рельефа и их взаимосвязей с тектоническими элементами описываемой площади, характеристики современных и древних физико-геологических процессов (оползни, овраги, карстовые явления и пр.). Глава иллюстрируется схематической геоморфологи-



ческой картой, геоморфологическими профилями, зарисовками и фотографиями.

Глава о четвертичных отложениях характеризует генетические типы отложений, их пространственное развитие, литологический состав и мощность.

Гидрогеологический очерк освещает подземные воды, их связь со стратиграфическими свитами и тектоникой, химический состав вод и основные сведения о режиме.

Полезные ископаемые. Эта глава должна охарактеризовать наличие рудных и нерудных полезных ископаемых; в число последних включены строительные материалы и вода. Особое место в ней отводится нефтеносности, где приводятся описание всех признаков газонефтеносности как прямых, так и косвенных. При этом дают описание их генезиса, анализируют ценность их как показателей возможной газонефтеносности.

Заключение. Эта глава является результирующей и в ней должны быть изложены с исчерпывающей полнотой все выводы, как теоретические, так и практические, а также определены дальнейшие пути по геологическому изучению района и освоению открытых полезных ископаемых.

Список цитируемой литературы. Все сделанные в тексте отчета ссылки на литературу помещают в алфавитном порядке авторов в списке в конце работы. Порядковые номера этого списка приводят в тексте в скобках в местах ссылок. Заголовки работ выписывают полностью, а названия журналов сокращают так, чтобы они оставались понятными без особых пояснений; отмечают год издания, том, выпуск, номер.

Окончательный отчет состоит из нескольких частей.

Первую часть его составляет основной текст с мелкой графикой и иллюстрациями, содержание которого было указано выше.

Вторая часть представляет фактический материал в виде перепечатанных чистовых полевых записных книжек, дневников с описанием обнажений, журналов аэровизуальных наблюдений, описанием пород полезных ископаемых, списками фауны, данных химических анализов и др.

Описание этого материала представляется в такой последовательности:

- а) предисловие, содержащее общую характеристику всех приводимых данных, указания о порядке их систематизации, авторстве отдельных разделов и т. д.;
- б) описание обнажений, точек наблюдений;
- в) описание канав, шурфов и разрезов буровых скважин;
- г) описание петрографического состава горных пород в стратиграфической последовательности;
- д) результаты химических исследований пород, вод, битумов и пр. (в виде таблицы);

- е) списки окаменелостей с заключением о возрасте и указанием местонахождения, с фамилиями лиц, производивших определение;
- ж) списки коллекций, сданных на хранение в различные фонды и музеи.

Третья часть — графическая — включает альбом с графическими приложениями. К последним относятся следующие материалы:

- а) геологическая карта в красках на одном листе или в виде отдельных, увязанных между собой листов в рамках трапеции в масштабах выполненной съемки; структурные карты по основным опорным маркирующим пластам как результат детальных работ при структурной съемке;
- б) тектоническая карта района;
- в) геологические профили, характеризующие геологическое строение района и разрез его, в количестве не менее 2—3 на один планшет с соблюдением одинаковых горизонтального и вертикального масштабов; увеличение вертикального масштаба допускается в виде исключения, например при полого залегающих комплексах;
- г) средний стратиграфический нормальный разрез отложений;
- д) геоморфологическая карта с расположением различных типов рельефа и ландшафтных форм;
- е) карта полезных ископаемых;
- ж) карта четвертичных отложений с разрезами и колонками;
- з) гидрогеологическая карта;
- и) карта фактического материала, на которой указывают контуры работ геологической партии, наземные и аэрофотосъемочные маршруты с номерами обнажений, маршруты аэровизуальных полетов, канавы, шурфы, скважины и другие горно-разведочные выработки.

Все прочие карты составляют и представляют в зависимости от задания (литологическая, геохимическая, геоботаническая, гидроиндикационная, мерзлотная и др.).

Четвертой частью отчета является альбом с отдешифрованными фотосхемами. Эта последняя часть представляется при условии применения аэрогеологических наблюдений.

Все окончательные и сводные отчеты представляются в совершенно законченном виде и должны быть соответствующим образом оформлены. Текстовую часть отчета представляют напечатанной на машинке. Графику дают в виде отдельных чертежей, выполненных в туши на ватмане или кальке.

Текст брошируется в такой последовательности: титульный лист, аннотация, оглавление текстовой части, текстовых приложений, список графических приложений, текст отчета, список литературы. На титульном листе указывают: сверху — наименование министерства, во второй строке — наименование организации, производившей геолого-съемочные работы, фамилию и инициалы автора отчета, полное наименование отчета, год производства работ. Внизу слева — подписи лиц, утверждающих отчет, и внизу по середине листа — место и год составления отчета.



Первичная геологическая документация — полевые дневники, полевые геологические и другие карты, профили, зарисовки, описание разрезов, фотонегативы, каменный материал и прочее в период полевых и камеральных работ находятся в распоряжении начальника партии под его ответственностью и хранятся в помещении, отведенном для камеральных работ.

По окончании камеральных работ и составлении отчета по партиям, полностью закончившим все работы, геологическая первичная документация должна быть передана на хранение в архив.

Окончательная отчетность по геологическим исследованиям считается законченной после сдачи полного или сводного геологического отчета, фактических материалов партии и утверждения отчета по всем статьям хозяйственно-финансовой деятельности начальника партии как ответственного руководителя всех геологических работ.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

ТАБЛИЦА ПОПРАВК УГЛА ПАДЕНИЯ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ, НЕ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ К ПРОСТИРАНИЮ ПЛАСТОВ

(по В. А. Обручеву)

Истинный угол падения, градусы	Угол между простиранием и линией пересечения, градусы															
	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
10	9°51'	9°40'	9°24'	9°5'	8°41'	8°13'	7°44'	7°6'	6°28'	5°46'	5°2'	4°15'	3°27'	2°37'	1°45'	0°55'
15	14°47'	14°31'	14°8'	13°39'	13°34'	12°28'	11°36'	10°4'	9°46'	8°44'	7°38'	6°28'	5°14'	3°38'	2°40'	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°6'	5°23'	3°37'	1°49'
25	24°48'	24°15'	23°39'	22°55'	22°0'	20°54'	19°39'	18°15'	16°41'	14°58'	13°7'	11°9'	9°3'	6°53'	4°37'	2°20'
30	29°37'	29°9'	28°29'	27°37'	26°34'	25°18'	23°51'	22°12'	20°21'	18°19'	16°6'	13°43'	11°10'	8°30'	5°44'	2°53'
35	34°36'	34°4'	33°21'	33°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°2'	38°15'	37°15'	36°0'	34°30'	32°44'	30°41'	28°20'	25°42'	22°45'	19°31'	16°0'	12°15'	8°17'	4°11'
45	44°34'	44°1'	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°31'	49°1'	48°14'	47°12'	45°54'	44°17'	42°23'	40°7'	37°27'	34°21'	30°47'	26°44'	22°01'	17°9'	11°41'	5°56'
55	54°35'	54°4'	53°19'	52°18'	51°3'	49°28'	47°35'	45°17'	42°33'	39°20'	36°32'	31°7'	26°2'	20°17'	13°55'	7°6'
60	59°37'	59°8'	58°26'	57°30'	56°19'	54°49'	53°0'	50°46'	48°4'	44°47'	40°54'	36°14'	30°29'	24°44'	16°44'	8°35'
65	64°40'	64°14'	63°36'	62°46'	61°42'	60°21'	58°40'	56°36'	54°2'	50°53'	46°59'	42°11'	36°15'	29°2'	20°25'	10°35'
70	69°43'	69°21'	68°49'	68°7'	67°12'	66°8'	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°5'	73°32'	72°48'	71°53'	70°43'	69°14'	67°22'	64°58'	61°49'	57°37'	51°55'	44°1'	32°57'	18°0'
80	79°51'	79°39'	79°22'	78°59'	78°29'	77°51'	77°2'	76°0'	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°5'	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°0'	87°38'	87°5'	86°9'	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 32°44' и 37°27', соответствующие истинным углам падения в 45° и 50°; истинное падение пластов будет около 47° (точнее 47°30').

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ИСТИННЫМ УГЛОМ ПАДЕНИЯ  $\alpha$  И УГЛОМ  $\beta$  В КОСОМ РАЗРЕЗЕ  
(С ТОЧНОСТЬЮ ДО 0,5°)

Истинный угол падения, градусы	Угол между направлением падения и линией разреза, градусы															
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
10	—	9,5	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	5,5	5,0	4,3	3,5	2,5	1,5	1,0
15	15	14,5	14,0	13,5	13,5	12,5	11,5	10,0	10,0	8,5	7,5	6,3	5,0	3,5	2,5	1,5
20	19,5	19,5	18,0	17,5	17,5	16,5	15,5	14,5	13,0	11,5	10,5	8,5	7,0	5,5	3,5	2,0
25	26,0	24,0	23,5	23,0	22,0	21,0	19,5	15,0	16,5	15,0	13,0	11,0	9,0	7,0	5,5	2,5
30	29,5	29,0	28,5	27,5	26,5	25,5	24,0	22,0	20,5	18,5	16,0	13,5	11,0	8,5	5,5	3,0
35	34,5	34,0	33,5	32,5	31,0	30,0	28,0	26,5	24,0	22,0	20,5	16,5	13,5	10,0	7,0	3,5
40	39,5	39,0	37,0	37,0	36,0	34,5	32,5	30,5	28,5	25,5	23,5	19,0	14,5	12,0	8,5	4,0
45	44,5	44,0	43,0	42,0	41,0	39,5	37,5	35,5	32,5	20,0	26,5	19,0	14,5	10,0	7,0	5,0
50	49,5	49,0	48,0	47,9	46,0	44,5	42,5	40,0	37,5	30,5	26,5	22,0	17,0	11,0	6,0	6,0
55	54,5	54,0	53,5	52,5	51,0	49,5	47,5	45,5	42,5	39,5	35,5	31,0	26,0	20,5	14,0	7,0
60	59,5	59,0	58,5	57,5	56,5	55,0	53,0	51,0	48,0	45,0	41,0	36,0	30,5	24,0	16,5	8,5
65	64,5	64,0	63,5	62,5	61,5	60,5	58,5	56,5	54,0	51,0	47,0	42,0	36,0	29,0	20,5	10,5
70	68,5	69,5	69,0	68,0	67,0	66,0	64,5	63,0	60,5	57,5	54,0	49,5	43,0	35,5	25,5	13,5
75	—	74,5	74,0	73,5	73,0	72,0	70,5	69,0	67,5	65,0	62,0	57,5	52,0	44,0	33,0	18,0
80	—	79,5	79,5	79,0	78,5	78,0	77,0	76,0	74,5	73,0	70,5	67,5	62,5	55,5	44,5	26,5
85	—	—	84,5	84,5	84,0	84,0	83,5	83,0	82,0	81,5	80,0	78,5	75,5	71,5	63,9	45,0

Пример. Истинный угол падения пласта равен 15°, угол между направлением падения пласта и линией разреза 30°. Необходимо определить угол наклона пласта на разрезе. Слева в вертикальной шкале находим угол 15° и идём далее в горизонтальном направлении до пересечения с вертикальной шкалой, соответствующей 30°. В месте пересечения получаем угол наклона пласта 13,5°.

ПРИЛОЖЕНИЕ III  
ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТИННОЙ И ИЗМЕРЕННОЙ МОЩНОСТЕЙ  
(по В. А. Обручеву)

Угол падения пласта, градусы	Мощности	Вертикальная мощность пласта, м								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	<i>m</i>	0,996	1,992	2,989	3,985	4,981	5,97	6,973	7,970	8,966
	<i>a</i>	14,430	22,860	34,290	45,720	57,150	68,580	80,010	91,440	102,870
10	<i>m</i>	0,985	1,970	2,954	3,939	4,924	5,909	6,894	7,878	8,863
	<i>a</i>	5,671	11,343	17,014	24,685	28,357	34,028	39,699	45,371	51,042
15	<i>m</i>	0,966	1,932	2,898	3,864	4,830	5,796	6,761	7,727	8,693
	<i>a</i>	3,732	7,464	11,196	14,928	18,660	22,392	26,124	29,856	33,588
20	<i>m</i>	0,940	1,879	2,819	3,759	4,698	5,638	6,578	7,518	8,457
	<i>a</i>	2,747	5,495	8,242	10,990	13,737	16,485	19,232	21,980	24,727
25	<i>m</i>	0,906	1,813	2,719	3,625	4,532	5,438	6,344	7,250	8,157
	<i>a</i>	2,145	4,289	6,434	8,578	10,723	12,867	15,012	17,156	19,301
30	<i>m</i>	0,866	1,732	2,598	3,464	4,330	5,196	6,062	6,928	7,794
	<i>a</i>	1,732	3,464	5,196	6,928	8,660	10,392	12,124	13,856	15,588
35	<i>m</i>	0,819	1,638	2,457	3,277	4,096	4,915	5,734	6,553	7,372
	<i>a</i>	1,428	2,856	4,284	5,713	7,141	8,569	9,997	11,425	12,803
40	<i>m</i>	0,766	1,532	2,298	3,064	3,830	4,596	5,362	6,128	6,894
	<i>a</i>	1,192	2,384	3,575	4,767	5,959	7,151	8,342	9,534	10,726
45	<i>m</i>	0,707	1,414	2,121	2,828	3,536	4,243	4,950	5,657	6,364
	<i>a</i>	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000
50	<i>m</i>	0,643	1,286	1,927	2,571	3,214	3,857	4,500	6,142	5,785
	<i>a</i>	0,839	1,678	2,517	3,356	4,196	5,035	5,874	6,713	7,552
55	<i>m</i>	0,574	1,147	1,72	2,294	3,868	3,441	4,015	4,589	5,162
	<i>a</i>	0,700	1,400	2,101	2,801	3,501	4,201	4,901	5,602	6,302
60	<i>m</i>	0,500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500
	<i>a</i>	0,577	1,155	1,732	2,309	2,887	3,464	4,041	4,619	5,196
65	<i>m</i>	0,423	0,845	1,268	1,690	2,113	2,536	2,958	3,381	3,804
	<i>a</i>	0,466	0,933	1,399	1,865	2,332	2,798	3,264	3,730	4,197
70	<i>m</i>	0,342	0,684	1,026	1,368	1,710	2,052	2,394	2,736	3,078
	<i>a</i>	0,364	0,728	1,092	1,456	1,820	2,184	2,548	2,912	3,276
75	<i>m</i>	0,259	0,518	0,776	1,035	1,294	1,553	1,812	2,071	2,329
	<i>a</i>	0,268	0,536	0,804	1,072	1,340	1,608	1,876	2,144	2,412
80	<i>m</i>	0,174	0,347	0,521	0,695	0,868	1,042	1,216	1,389	1,563
	<i>a</i>	0,176	0,353	0,529	0,705	0,882	1,058	1,234	1,411	1,587
85	<i>m</i>	0,087	1,174	0,261	0,349	0,436	0,523	0,610	0,697	0,784
	<i>a</i>	0,087	0,175	0,261	0,350	0,437	0,525	0,612	0,700	0,787

Здесь *a* — горизонтальная мощность пласта, т. е. кажущаяся мощность пласта при сечении его горизонтальной плоскостью; *m* — истинная мощность пласта; *M* — вертикальная мощность пласта, т. е. кажущаяся мощность, измеряемая по вертикали.

По этой таблице, зная одну из величин *m*, *M* или *a* и угол падения, можно определить другие. Например, ширина выхода пласта, падающего под углом 30°, на горизонтальной поверхности земли составляет 132 м. Определить истинную мощность. Находим по таблице

$$a = 121,24 \text{ м соответствует } m = 60,62 \text{ м}$$

$$10,39 \text{ » } \text{ » } \text{ » } 5,196 \text{ »}$$

$$0,34 \text{ » } \text{ » } \text{ » } 0,173 \text{ »}$$

$$131,98 \text{ (округленно 132 м)} \quad 65,99 \text{ (округленно 66 м)}$$

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ МОЩНОСТИ ПО ИЗМЕРЕННОЙ (ВИДИ КОСМОУ

Значения выражения в скобках формулы П. М. Леонтовского  $m = M(\sin \alpha \cos \beta \sin \gamma + \cos \alpha \sin \beta)$  на которое нужно помножить  $M$ ,

$\alpha$		0									10			
$\beta$	$\gamma$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20
		0	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	0	17
10	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	3	20	36	
20	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	6	23	39	
30	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	9	26	42	
40	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	11	28	44	
50	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	13	30	46	
60	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	15	32	48	
70	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	16	33	49	
80	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	17	34	50	
90	0	17	34	50	64	76	86	94	98	100	17	34	50	

$\beta$		90									80			
$\alpha$	$\gamma$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70
		90	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80

$\alpha$		30						40						50	
$\beta$	$\gamma$	0	10	20	30	40	50	60	0	10	20	30	40	50	0
		0	0	15	30	43	56	66	75	0	13	26	35	49	59
10	9	24	38	51	62	72	79	11	24	37	48	58	66	13	
20	17	32	46	58	69	77	84	22	35	47	57	66	73	26	
30	25	40	53	65	75	82	87	32	45	56	66	74	79	38	
40	32	47	60	71	80	87	91	41	54	66	74	81	85	49	
50	38	53	66	76	85	91	94	49	62	72	81	87	90	59	
60	43	58	70	81	89	94	97	56	68	78	86	92	94	65	
70	47	61	74	84	92	96	98	60	73	83	90	95	97	72	
80	49	64	76	86	93	98	100	63	76	86	93	98	99	75	
90	50	64	77	87	94	98	100	64	77	86	94	98	100	76	

$\beta$		60						50						40	
$\alpha$	$\gamma$	90	80	70	60	50	40	30	90	80	70	60	50	40	90
		90	90	80	70	60	50	40	30	90	80	70	60	50	40

Здесь  $m$  — искомая истинная мощность;  $M$  — измеренное расстояние измерения;  $\gamma$  — угол между линией измерения и простиранием пластов.

Для вычисления  $\gamma$  нужно брать азимут линии измерения в направлении ними всегда берется положительная.

Таблица составлена для случая, когда линии измерения и направления

### ПРИЛОЖЕНИЕ IV МОЙ), НАБЛЮДАЕМОЙ ВКРЕСТ ПРОСТИРАНИЯ ПЛАСТА И ПО СЕЧЕНИЮ

$\cos \beta \sin \gamma + \cos \alpha \sin \beta$ ). В таблице показано число сотых десятичной дроби (%), чтобы получить  $m$ .

10						20									
30	40	50	60	70	80	0	10	20	30	40	50	60	70		
49	63	75	85	93	97	0	16	32	47	60	72	81	88		
52	66	77	87	94	98	6	22	38	52	65	76	84	90		
54	68	79	88	95	98	12	28	43	57	69	79	87	92		
57	70	81	90	96	98	17	33	48	62	73	83	90	94		
59	72	83	91	97	99	22	38	53	66	77	86	92	96		
61	74	84	92	98	99	26	42	57	70	80	89	94	97		
62	75	85	93	98	100	30	45	60	73	83	91	96	98		
63	76	86	93	98	100	32	48	62	75	85	93	97	99		
64	76	86	94	98	100	34	49	64	76	86	94	98	100		
64	77	87	94	99	100	34	50	64	77	87	94	98	100		

80						70									
60	50	40	30	20	10	90	80	70	60	50	40	30	20		
60	50	40	30	20	10	90	80	70	60	50	40	30	20		

50				60				70				80		90		$\alpha$	
10	20	30	40	0	10	20	30	0	10	20	0	10	0	$\beta$	$\gamma$		
11	22	32	41	0	9	17	25	0	6	12	0	16	0			0	0
24	34	44	51	15	23	31	38	16	22	27	17	20	17	10	10		
37	46	55	61	30	38	45	51	32	37	42	34	36	34	20	20		
49	58	65	71	43	51	58	62	47	52	55	50	58	50	30	30		
60	68	75	79	56	63	59	73	60	65	68	63	66	64	40	40		
69	77	83	86	66	74	79	82	72	77	79	75	78	76	50	50		
77	84	89	92	75	83	88	90	81	86	88	85	87	87	60	60		
82	89	94	96	81	89	94	95	88	93	95	93	95	94	70	70		
86	93	97	98	85	93	97	99	92	97	99	93	99	98	80	80		
87	94	98	100	87	94	99	100	94	98	100	97	100	100	90	90		

40				30				20				10		0		$\beta$	
80	70	60	50	90	80	70	60	90	80	70	90	80	90	$\alpha$	$\gamma$		
80	70	60	50	90	80	70	60	90	80	70	90	80	90			0	0

(видимая мощность);  $\alpha$  — угол падения пластов;  $\beta$  — угол наклона линии ее падения и обязательно азимут простирания пластов, разность между падением пласта расположены с разных сторон линии простирания.

**СХЕМА СОСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНОГО ЗАДАНИЯ**

Схема составления проекта задания включает следующие вопросы.

**I. Общие сведения о районе работ**

- а) Местонахождение района работ (геологическая провинция, геологическая структура; административное положение района, его географические координаты, номенклатура листов карт).
- б) Расстояние района работ от ближайших административных или промышленных центров, железнодорожных станций, портов, пристаней.
- в) Обоснования, послужившие причиной постановки геолого-съемочных работ или их расширения.
- г) Ожидаемые результаты.

**II. Расчет и обоснование норм**

- а) Расчет площади съемки (по нормам СУСН и ЕНВ).
- б) Расчет сроков с подразделением на периоды (подготовительный, полевой, ликвидационный).
- в) Обоснование густоты сети, точек наблюдений.
- г) Обоснование густоты топографических точек.
- д) Обоснование объема земляных работ. Расчет потребной рабочей силы. Фонд зарплат на земляные работы.
- е) Фонд зарплат на технический персонал. Штатное расписание.
- ж) Намечаемые организационные мероприятия с целью повышения производительности труда.

**III. Характеристика изученности района**

- а) История геологического изучения района (в порядке хронологии) и важнейшие результаты этих исследований.

**IV. Геологическое строение района**

- а) Схематическое описание района. Гидрогеология.
- б) Характеристика региональной тектоники, известные и предполагаемые нарушения, структурная форма.
- в) Категория геологической сложности района и возможности выделения маркирующих горизонтов.
- г) Характеристика нефтеносности района по данным предыдущих исследователей; описание выходов нефти.

**V. Целевая установка, методика работ, ожидаемые результаты**

- а) Задачи геологического исследования, вытекающие из оценки предстоящих работ и геологического строения района.
- б) В чем будут выражаться ожидаемые результаты.
- в) Потребность народного хозяйства в скорейшем выполнении этой работы.
- г) Особенности методики. Возможность комплексного исследования полезных ископаемых, необходимых для последующих буровых работ (воды, глины, строительного материала).

**VI. План работ**

- а) Объем производственной программы и сроки выполнения отдельных этапов работ.
- б) Количество шурфов, расчисток, канав, скважин и их глубины.
- в) Площадь съемки и ее масштаб.

**VII. Топографо-геодезические и картографические работы**

- а) Обеспеченность района работ картографическими материалами, их масштабы, местонахождение, способ издания, пригодность использования при проведении съемочных работ, перечень листов карт, необходимых для работы.

б) Наличие в районе работ опорной геодезической сети (в горизонтальном и высотном отношениях); год построения, наименование ведомств, проводивших построение опоры; система координат; данные о качестве опоры; сохранность знаков; полнота полученных в период проектирования геодезических данных; источники их получения.

- в) Объем работ по рубке визирок и прорезок.
- г) Количество технического персонала, рабочих, транспортных средств, требующееся для выполнения работы.
- д) Камеральные работы: вычислительные, картосоставительские и чертежные (наименование и объем их).
- е) Сроки выполнения полевых и камеральных работ.
- ж) Перечень геодезических и картографических материалов, подлежащих сдаче при отчете.

Примечание. Все расчеты производят по утвержденным нормам на топографические работы.

**VIII. Аппаратура и оборудование**

Выбор оборудования для полевых партий. Список необходимого снаряжения. Обоснование необходимости особого типа снаряжения, не входящего в комплект для обычной партии.

**IX. Транспорт. Организация работ**

Вид. Количество. Обоснование. Характеристика местных условий в отношении найма на месте.

Порядок и план организации работ. Выбор базы, порядок переброски. Очередность изучения отдельных участков района, разрезов. Порядок ликвидации полевых работ, Организация камеральных исследований.

**X. Орогидрография района работ**

- а) Рельеф относительной и абсолютной высоты, высокогорность; залесенность в процентах к площади, заболоченность в процентах к площади и другие особенности района.
- б) Речная система. Источники воды. Безводность. Возможность использования для передвижения партий лодочного транспорта.
- в) Климат.
- г) Пути сообщения, населенность, жилищно-бытовые условия, вопрос продовольственного снабжения, наличие рабочей силы и транспорта на месте.
- д) Характеристика и оценка условий передвижения по местности во время съемки.

Приложением к этому разделу являются.

1. Схема расположения района работ (планшета съемки) с координатами.
2. Схема изученности района (для съемочных партий обязательно).

**XI. План выполнения подсобных работ**

Лаборатории, подсобные отделы, организации и сторонние лица, выполнявшие подсобные работы	Наименование работ	Размер (для чертежей)	Количество	Стоимость единицы	Стоимость объекта	Сроки исполнения	Примечание

**XII. Отчетность о результатах работ**

- а) Порядок и сроки представления отчетности (текущей, предварительной, окончательной).
- б) Содержание окончательного отчета (главы), его объем, перечень графических приложений, количество экземпляров текста и приложений.

**XIII. Приложения к проекту**

Список использованной при составлении проектов литературы (библиотечной и фондовой).

ТИПОВЫЕ НОРМЫ СНАРЯЖЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ  
ГЕОЛОГО-СЪЕМОЧНЫХ ПАРТИЙ

Наименование снаряжения	Количество на сезон
<b>Полевые работы</b>	
Горный компас . . . . .	5
Экклиметр . . . . .	2
Анероид-высотомер . . . . .	2
Бинокль × 6 или × 8 . . . . .	2
Лупа складная . . . . .	3
Фотоаппарат с фотопринадлежностями . . . . .	1
Часы карманные . . . . .	1—2
Готовальня . . . . .	1
Доска чертежная . . . . .	1
Циркуль-измеритель с колпачком . . . . .	1—3
Транспортир с поперечным масштабом полукруглый . . . . .	1
Рулетка длиной 10 или 20 м . . . . .	2
Складной метр . . . . .	4
Нож перочинный . . . . .	4
Капельница для НС1 . . . . .	4
Молоток геологический . . . . .	6
Кувалда в 2 кг . . . . .	1
Зубила разные . . . . .	4
Молоток слесарный малый . . . . .	2
Кайло одностороннее . . . . .	4
Лопатка штыковая . . . . .	4
Лом стальной . . . . .	2
Ведро железное (для шурфовочных работ) . . . . .	2
Сумка полевая . . . . .	4
Рюкзак . . . . .	4
Патрон для карт . . . . .	2
Палатка двухместная . . . . .	3
Брезент 3 × 3 м . . . . .	2
Седло кавалерийское . . . . .	4
Ящик вьючный . . . . .	4
Сумка вьючная . . . . .	2
Шагомер . . . . .	2
<b>Камеральные работы</b>	
Разное лагерное имущество, кухонная посуда, постельные и другие бытовые принадлежности	
<b>Камеральные работы</b>	
Микроскоп . . . . .	1
Лупа бинокулярная . . . . .	1
Готовальня . . . . .	1
Разные чертежные принадлежности (набор) . . . . .	1
Чертежная доска . . . . .	1
При проведении аэрогеолого-съемочных работ в снаряжение партии входит следующее оборудование.	
<b>Полевые работы</b>	
<b>Оборудование и аппаратура</b>	
Фотоаппарат типа КА-20 . . . . .	1
Фотоаппарат типа ФЭД . . . . .	2
Прибор (магнитофон) для звукозаписи на самолете . . . . .	1
Мензула с треногой . . . . .	1
Кипрегель с полным кругом . . . . .	1
Седло кавалерийское . . . . .	5
Походная радиостанция . . . . .	1
<b>Инвентарь и инструмент</b>	
Компас горный . . . . .	5
Анероид-высотомер . . . . .	2
Бинокль × 6 или × 8 . . . . .	2
Лупа складная × 2,5 или × 5 . . . . .	4
Лупа складная × 10 или × 15 . . . . .	3
Часы карманные . . . . .	1
Готовальня малая . . . . .	1
Стереоскоп зеркальный . . . . .	3
Транспортир . . . . .	2
Рулетка 20-м стальная . . . . .	2
Нож перочинный . . . . .	5
Молоток геологический . . . . .	6
Ящик вьючный . . . . .	4
Сумка вьючная . . . . .	4

Наименование снаряжения	Количество на сезон
Ящик цинковый для фотоснимков и документов . . . . .	1
Тубус для карт . . . . .	2
Рюкзак . . . . .	5
Сумка полевая . . . . .	5
Фонарь «летучая мышь» с запасными стеклами . . . . .	4
Брезент . . . . .	4
Зонт топографический . . . . .	1
Рейка дальномерная длиной 2 м . . . . .	1
Молоток слесарный малый . . . . .	2
Лом стальной . . . . .	2
Доска чертежная . . . . .	1
Циркуль измерительный . . . . .	4
Принадлежности чертежные (набор) . . . . .	1
Термометр ртутный . . . . .	1
Кувалда весом 3 кг . . . . .	2
Зубило большое . . . . .	1
Зубило малое . . . . .	2
Кайло одностороннее . . . . .	2
Лопата . . . . .	4
Топор . . . . .	2
Ведро железное . . . . .	4
Пила поперечная . . . . .	1
Капельница стеклянная 10—15 см <sup>3</sup> . . . . .	6
Чернильница походная . . . . .	4
Разное лагерное имущество, кухонная посуда, постельные и другие бытовые принадлежности	
Материалы на 4 месяца полевых работ	
Полевая книжка . . . . .	10—15
Тетрадь общая . . . . .	5
Бумага писчая, кг . . . . .	10
Бумага оберточная, кг . . . . .	20
Восковка (рулон) . . . . .	1
Бумага миллиметровая (рулон) . . . . .	1
Шпагат, кг . . . . .	3
Веревка, кг . . . . .	20
Гвозди, кг . . . . .	5

Наименование снаряжения	Количество на сезон
Пленка для фотоаппарата К-20 (количество снимков) . . . . .	150
Пленка для фотоаппарата ФЭД (количество снимков) . . . . .	300
Мешочек для образцов . . . . .	200
Аптечка походная . . . . .	1
Полевые журналы (набор) . . . . .	1
Фотомастеры (набор) . . . . .	1
Батарея для карманного фонаря . . . . .	50
Принадлежности канцелярские (набор) . . . . .	1
Краска эмалевая белая, кг . . . . .	2
Ящик для упаковки . . . . .	7
Керосин, кг . . . . .	150
Бутылка стеклянная . . . . .	80
<b>Камеральные работы</b>	
<b>Аппаратура и приборы</b>	
Микроскоп МИН-1 . . . . .	1
Лупа бинокулярная . . . . .	1
<b>Инструмент</b>	
Стереоскоп зеркальный <sup>1</sup> . . . . .	3
Линейка параллактическая . . . . .	2
Готовальня . . . . .	1
Принадлежности чертежные (набор) . . . . .	1
Доска чертежная . . . . .	1

<sup>1</sup> Исключается при съемке без дешифрирования аэрофотоснимков.

ШКАЛА ГЕОЛОГИ

Эры	Периоды и системы	Происхождение названий
Кайнозойская; kainos или cenos — новый, современный; zoe — жизнь (эра новой жизни)	Четвертичный <sup>1</sup> Последниновые (последние) отложения, или голоцен Ледниковые отложения, или плейстоцен Третьичный <sup>1</sup> Плиоцен Миоцен Олигоцен Эоцен	holos — законченный, завершённый pleiston — больше всего  pleion <sup>2</sup> — больше meion <sup>2</sup> — меньше oligos <sup>2</sup> — мало eas <sup>2</sup> — первое появление
	Мезовойская; mesos — средний (средняя эра в истории жизни на земле)	Меловой Юрский  Триасовый
Палеозойская; palaios — древний (эра древней жизни)	Пермский	Пермь (ныне г. Молотов) — город в СССР, в районе которого отложения этого возраста впервые были выделены в особую систему
	Каменноугольный (карбоновый) Девонский	Угленосные отложения, характерные для этой системы Девон — графство в Англии, в котором впервые отложения этого возраста были выделены в особую систему
	Силурийский	Силуры — древнее племя, жившее на границе Англии и Уэльса, в области, где впервые была выделена особая система отложений данного возраста
	Кембрийский	Кембрия — древнее название Уэльса, области, где впервые были установлены отложения этой системы
Докембрийские	Протерозой Археозой	protergos — более ранний zoe — жизнь archaios — первичный eos — первое появление
Промежуток времени, не отраженный в летописях земли	—	—
Возникновение земли как планеты	—	—

<sup>1</sup> В 1760 г. слои земной коры были подразделены на первичные (кристаллические) и на тот период, в котором мы живем, и он называется четвертичным. Мезовой<sup>2</sup> Приведенные термины заключают в себе указания (на древнегреческом языке) подразделении обеих систем.

ЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

Наибольшая из известных мощностей отложений, м	Длительность соответственных периодов (в годах)	Руководящие организмы	
Новейшие отложения Плейстоцен	25 000 1 000 000	Современный человек Человек каменного века  Млекопитающие и цветковые растения	
Плиоцен Миоцен Олигоцен Эоцен	3 900 6 300 4 500 4 200		15 000 000 35 000 000 50 000 000 70 000 000
Мел Юра	19 200 6 000		120 000 000 150 000 000
Триас	7 500		190 000 000
Пермь	6 900	220 000 000	Амфибии и примитивные растения  Рыбы  Беспозвоночные. Впервые появляются в большом количестве ископаемые органические остатки
Карбон	12 000	280 000 000	
Девон	11 100	320 000 000	
Силур	16 000	750 000 000	
Кембрий	12 000	500 000 000	
Отложения огромной мощности	По меньшей мере 1 750 000 000	Скупные остатки губок и водорослей Прямые доказательства существования жизни отсутствуют	
—	Длительность не установлена	—	
—	Не менее 2 000 000 000 лет тому назад	—	

ские, вторичные (затвердевшие) и третичные (рыхлые). Эта номенклатура распространяется до сих пор иногда обозначают термином «вторичная».

на количество современных раковин, встречающихся в качестве ископаемых в каждом



ИНДЕКСЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Кайнозойская группа

Kz — кайнозойские отложения нерасчлененные

Четвертичная система

- |   |   |
|---|---|
| Q — четвертичная система нерасчлененная                       | Q <sub>1</sub> — древние четвертичные отложения (плейстоцен)                    |
| c-Q — континентальные отложения нерасчлененные                | al-Q <sub>1</sub> — древние аллювиальные отложения                              |
| s-Q — развееваемые (пустынные) пески                          | gl-Q — ледниковые отложения   |
| ls-Q — лёсс   | Q <sub>1w</sub> — вюрмский ярус   |
| Q <sub>2</sub> — современные четвертичные отложения (голоцен) | Q <sub>1rw</sub> — рисс-вюрмский ярус   |
| al-Q <sub>2</sub> — современные аллювиальные отложения        | Q <sub>1r</sub> — рисский ярус  |
| el-Q — элювиальные отложения                                  | Q <sub>1mr</sub> — миндель-рисский ярус   |
| l-Q <sub>2</sub> — озерные отложения                          | Q <sub>1m</sub> — миндельский ярус  |
| l-al-Q <sub>2</sub> — озерно-аллювиальные отложения           | Q <sub>1gm</sub> — гюнц-миндельский ярус  |
| b-Q <sub>2</sub> — отложения грязевых сопок                   | Q <sub>1g</sub> — гюнцкий ярус  |
| d-Q — делювиальные отложения                                  | m-Q — морские отложения нерасчлененные, также отложения бореальной трансгрессии |
| eld-Q — элювиально-делювиальные отложения                     | Q-k — каспийские отложения нерасчлененные                                       |
| pl-Q — пролювиальные отложения                                | Q <sub>2cd</sub> — отложения с <i>Cardium edule</i>                             |
| fgl-Q — флювио-гляциальные отложения                          | Q <sub>1hv</sub> — хвалыньские отложения  |
| dp-Q — оползневые отложения                                   | Q <sub>1b</sub> — бакинский ярус  |
| ch-Q — химические отложения                                   | Q <sub>1h</sub> — хазарские отложения   |
| β-Q — породы вулканического происхождения                     |   |

Третичная система

- |  |  |
|--|--|
| Tr — третичные отложения нерасчлененные                | N <sub>1mt1</sub> — 1-й средиземноморский ярус |
| N — неоген нерасчлененный                              | Pg — палеоген нерасчлененный                   |
| N <sub>2</sub> — плиоцен нерасчлененный                | Pg <sub>3</sub> — олигоцен нерасчлененный      |
| N <sub>2</sub> erg — ергенинские отложения             | Pg <sub>3mk</sub> — майкопская свита           |
| N <sub>2</sub> c — слои Чауда (понт)                   | Pg <sub>3pt</sub> — полтавский ярус            |
| N <sub>2</sub> k — куяльницкие слои (понт)             | Pg <sub>3h</sub> — харьковский ярус            |
| N <sub>2</sub> sm — киммерийский ярус                  | Pg <sub>2</sub> — эоцен нерасчлененный         |
| N <sub>2</sub> ap — апшеронский ярус                   | Pg <sub>2zt</sub> — царицынский ярус           |
| N <sub>2</sub> ak — акчагыльский ярус                  | Pg <sub>2ki</sub> — киевский ярус              |
| N <sub>2</sub> p — понтический ярус                    | Pg <sub>2b</sub> — бучакский ярус              |
| N <sub>1</sub> — миоцен нерасчлененный                 | Pg <sub>2f</sub> — ферганский ярус             |
| N <sub>1</sub> m — мэотический ярус                    | Pg <sub>2</sub> buh — бухарский ярус           |
| N <sub>1</sub> srm — сарматский ярус                   | Pg <sub>1</sub> — палеоцен нерасчлененный      |
| N <sub>1</sub> mt — 1-й и 2-й средиземноморские ярусы  | Pg <sub>1k</sub> — каневский ярус              |
| N <sub>1</sub> mt <sub>2</sub> — 2-й средиземноморской | Pg <sub>1sr</sub> — саратовский ярус           |
|  | Pg <sub>1sz</sub> — сызранский ярус            |

Мезозойская группа

Mz — мезозойские отложения нерасчлененные

Меловая система

- |  |   |
|--|---|
| Cr — меловая система нерасчлененная            | Cr <sub>2t</sub> — туронский ярус                 |
| Cr <sub>2</sub> — верхний отдел нерасчлененный | Cr <sub>2</sub> sem — сеноманский ярус            |
| Cr <sub>2</sub> d — датский ярус               | Cr <sub>1</sub> — нижний отдел нерасчлененный     |
| Cr <sub>2</sub> sn — сенон нерасчлененный      | Cr <sub>1</sub> alb — альбский ярус               |
| Cr <sub>2</sub> ma — маастрихский ярус         | Cr <sub>1</sub> apt — аптский ярус                |
| Cr <sub>2</sub> c — кампанский ярус            | Cr <sub>1</sub> br — барремский ярус              |
| Cr <sub>2</sub> snt — сантонский ярус          | Cr <sub>1</sub> gt — готеривский ярус             |
|  | Cr <sub>1</sub> v — валажинский ярус              |
| Cr <sub>2</sub> cn — коньякский ярус           | Cr <sub>1</sub> nk <sub>3</sub> — никанская свита |

Юрская система

- |   |  |
|---|--|
| J — юрская система нерасчлененная                     | J <sub>2</sub> — средний отдел (доггер) нерасчлененный |
| J <sub>3</sub> — верхний отдел (мальм) нерасчлененный | J <sub>2</sub> bt — батский ярус                       |
| J <sub>3</sub> vlg — волжский ярус нерасчлененный     | J <sub>2</sub> bs — байосский ярус                     |
| J <sub>3</sub> vlg-s — верхний волжский ярус          | J <sub>3</sub> al — аалленский ярус                    |
| J <sub>3</sub> vlg-i — нижний волжский ярус           | J <sub>1</sub> — нижний отдел (лейас) нерасчлененный   |
|   | J <sub>1</sub> -s — верхний лейас                      |
| J <sub>3</sub> km — кимериджский ярус                 | J <sub>1</sub> -m — средний лейас                      |
| J <sub>3</sub> oxf — оксфордский ярус                 | J <sub>1</sub> -i — нижний лейас                       |
| J <sub>3</sub> cl — келловейский ярус                 |  |

Триасовая система

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| T — триасовая система нерасчлененная  | T <sub>2</sub> — средний отдел нерасчлененный |
| T <sub>3</sub> — верхний отдел        | T <sub>2</sub> la — ладинский ярус            |
| T <sub>3</sub> ret — рэтгический ярус | T <sub>2</sub> an — анзийский ярус            |
| T <sub>3</sub> nr — норийский ярус    | T <sub>1</sub> — нижний отдел нерасчлененный  |
| T <sub>3</sub> k — карнийский ярус    | T <sub>1</sub> vt — Ветлужский ярус           |

Палеозойская группа

- |   |   |
|---|---|
| Pz — палеозойские отложения нерасчлененные                    | Pz <sub>2</sub> — среднепалеозойские отложения нерасчлененные |
| Pz <sub>3</sub> — верхнепалеозойские отложения нерасчлененные | Pz <sub>1</sub> — нижнепалеозойские отложения нерасчлененные  |

Пермская система

- |   |  |
|---|--|
| P — пермская система нерасчлененная           | P <sub>2-1</sub> uf — Уфимская толща         |
|   | P <sub>1</sub> — нижний отдел нерасчлененный |
| P <sub>2</sub> — верхний отдел нерасчлененный | P <sub>1</sub> kg — кушгурский ярус          |
| P <sub>2</sub> tat — татарский ярус           | P <sub>1</sub> art — артинский ярус          |
| P <sub>2</sub> kz — казанский ярус            | P <sub>1</sub> sak — сакмарский ярус         |
|   | PC — пермо-карбон нерасчлененный             |

Каменноугольная система

C — каменноугольная система нерасчлененная	C <sub>2</sub> — башкирский ярус
C <sub>3</sub> — верхний отдел нерасчлененный	C <sub>1</sub> — нижний отдел нерасчлененный
C <sub>2</sub> <sup>3</sup> — гжельский ярус	C <sub>1n</sub> — наюрский ярус
C <sub>2</sub> <sup>2</sup> — касимовский ярус	C <sub>1v</sub> — визейский ярус
C <sub>2</sub> — средний отдел нерасчлененный	C <sub>1t</sub> — турнейский ярус
C <sub>2m</sub> — московский ярус	

Девонская система

D — девонская система нерасчлененная	D <sub>2</sub> — средний отдел нерасчлененный
D <sub>3</sub> — верхний отдел нерасчлененный	D <sub>2</sub> gi — живетский ярус
D <sub>3</sub> fa — фаменский ярус	D <sub>2</sub> l — эйфельский ярус
	D <sub>1</sub> — нижний отдел нерасчлененный
D <sub>3</sub> fr — франский ярус	D <sub>1</sub> cb — кобленцкий ярус
D <sub>3</sub> tur — туранская свита	D <sub>1</sub> geb — жединский ярус
	D <sub>1</sub> ab — абаканская свита

Силурийская система

S — силурийская система нерасчлененная	S <sub>1</sub> — нижний отдел (ордовик) нерасчлененный
	S <sub>1</sub> k — карадокский ярус
S <sub>2</sub> — верхний отдел (готланд) нерасчлененный	S <sub>1</sub> ll — ландейльский ярус
S <sub>2</sub> dt — даунтонский ярус	S <sub>1</sub> ar — аренигский ярус
S <sub>2</sub> ldw — лудловский ярус	S <sub>1</sub> tr — тремадокский ярус
S <sub>2</sub> w — уинлокекский ярус	
S <sub>2</sub> lnd — ландоверский ярус	

Кембрийская система

Sm — кембрийская система нерасчлененная	Sm <sub>2</sub> — средний отдел
Sm <sub>3</sub> — верхний отдел	Sm <sub>1</sub> — нижний отдел

Докембрийские образования

A — докембрийские образования нерасчлененные

Архейская группа

Ar — архейские образования нерасчлененные

Метаморфические породы неустановленного возраста в целом обозначают большой латинской буквой M.

В случае необходимости выделения более узких петрографических разновидностей перед обозначением породы ставят одну или две строчные латинские буквы из числа наиболее характерных в латинском начертании названия породы: gmM — гнейсы; gbM — кварцево-биотитовые сланцы; sM — серицитовые сланцы; c1M — хлоритовые сланцы и т. д.

Для обозначения магматических пород используют строчные буквы греческого алфавита.

Глубинные породы разбивают на крупные группы по их кислотности и обозначают греческими буквами: γ — кислые и средние; δ — основные; σ — ультраосновные.

Петрографические виды в пределах этих групп обозначают второй греческой буквой (в строку), которую выбирают также из числа наиболее привычных или характерных в названии породы: γ — граниты (одна буква); γδ — гранодиориты; γσ — сиениты; γμ — монзониты; δ — диориты (одна буква); δν — габбро-нориты; δλ — чарнокиты и лабрадориты; σ — перидотиты, пироксениты и горноблениты (одна буква); σδ — дуниты; σσ — серпентиниты.

Щелочные породы обозначают индексом соответствующей нормальной породы, но с прибавлением буквы α в конце и ниже строки: γα — щелочные граниты; γδα — щелочные сиениты; γν<sub>α</sub> — нефелиновые сиениты; δ<sub>α</sub> — эссэкситы (основные щелочные породы); σ<sub>α</sub> — основные пироксеновые породы.

ПРИЛОЖЕНИЕ IX

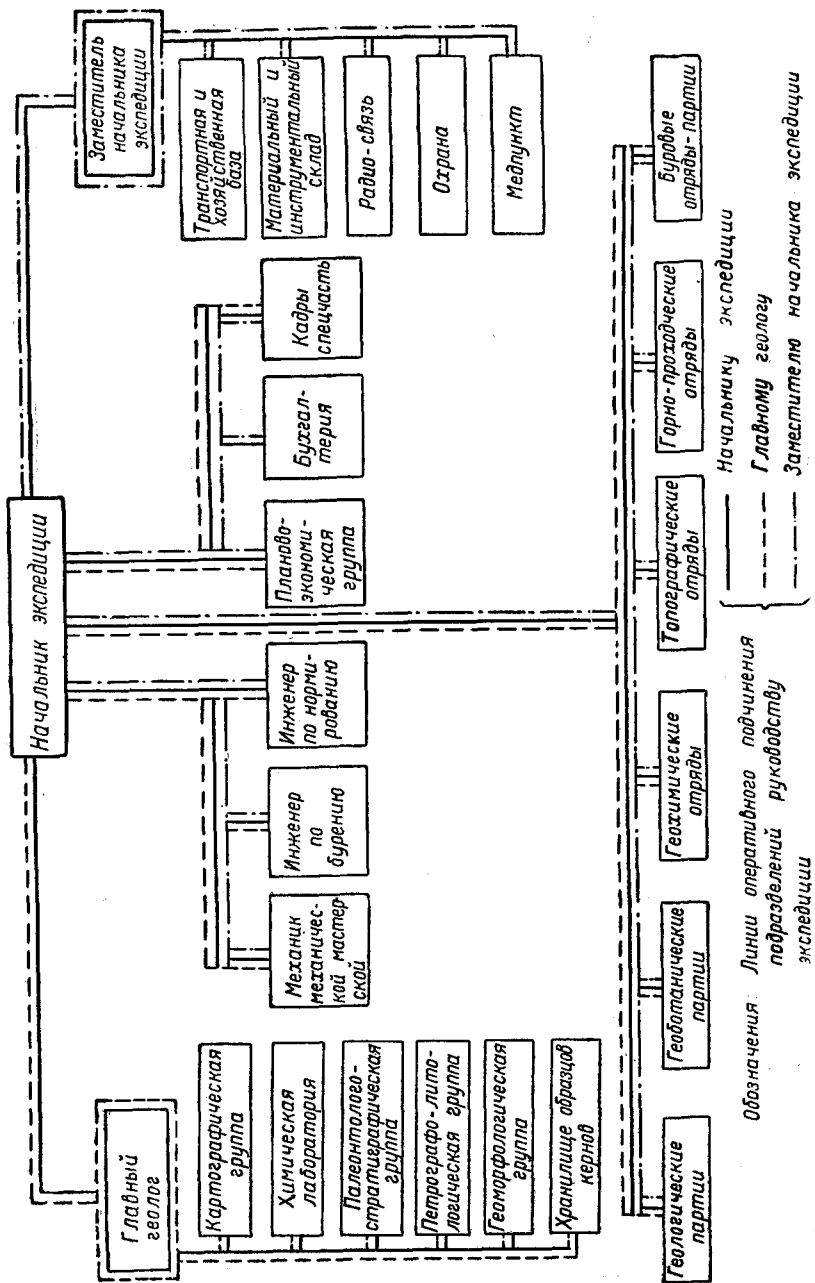
СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

Схема организации геологической экспедиции (схема 5) с указанием оперативного подчинения руководству, предусматривает создание руководящей группы с административными и научно-производственными функциями и целого ряда отдельных партий, разбитых по направленности работ.

В тех случаях, когда всю полевую производственную работу поручают комплексной геологической партии, схема организации ее представлена на схеме 6.

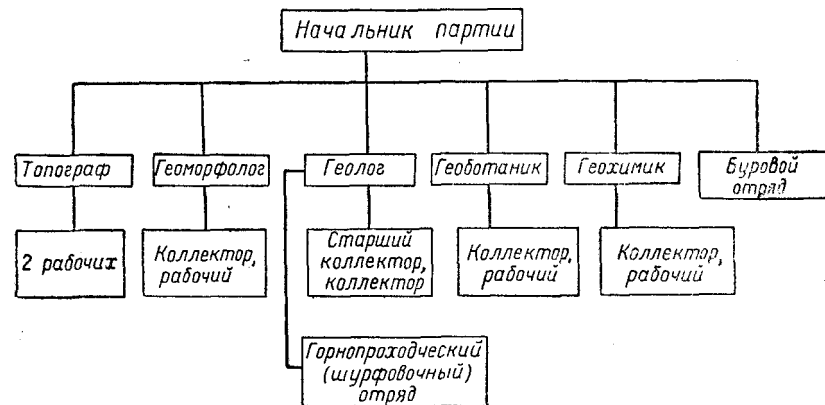
В крупных экспедициях с большим объемом полевых работ главный геолог освобожден от административно-хозяйственных функций и вся его работа концентрируется на производственном процессе. Он обязан: 1) изучать геологию района и систематизировать все необходимые данные; составить геолого-экономический обзор по району работ и представить проект работ экспедиции; 2) по утвержденному проекту работ организовать и руководить производством комплексных геологических съемок и поисков; разработать и утвердить планы и графики работ отдельных партий и отрядов; вести контроль и методическое руководство по всем работам подчиненных ему специалистов; лично проводить полевую съемку и приемку выполненных работ в поле; 3) своевременно организовать камеральную обработку всех полевых материалов, собранных в результате проведения комплексной геологической съемки; обеспечить организацию лабораторных исследований по проведению необходимых аналитических, литолого-петрографических, палеонтологических, люминисцентно-битуминологических и других исследований; 4) внедрять и организовывать среди специалистов и рабочих социалистические методы труда, обеспечивать высокую производительность труда, высокое качество производства работ; 5) организовать и вести неослабный повседневный контроль за техникой безопасности геолого-съемочных и

Схема 5



поисковых работ; 6) руководить и лично участвовать в составлении геологического отчета экспедиции и защищать его в соответствующих организациях. Заместитель начальника экспедиции ведает всеми вопросами материально-бытового обеспечения и обслуживания рабочих и служащих экспедиции; обеспечивает регулярную радиотелеграфную связь и сохранность материальных ценностей экспедиции. В отсутствие начальника экспедиции замещает по всем вопросам в организации и руководстве финансовой, хозяйственно-снабженческой, транспортной, складской, ремонтно-строительной деятельностью экспедиции.

Схема 6



## ПЛАН КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ КОМПЛЕКСНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПАРТИИ

Вид работы	Декабрь			Январь			Февраль			Март		
	I дек.	II дек.	III дек.	I дек.	II дек.	III дек.	I дек.	II дек.	III дек.	I дек.	II дек.	III дек.
Подготовка и обработка описаний фактического материала												
Корректировка полевых книжек	-----											
Корректировка журнала бурения (ручного и механического) скважин	-----											
Корректировка журнала шурфов и колодцев	-----											
Корректировка журнала аэровизуальных наблюдений	-----											
Составление карты фактического материала		-----										
Разбор коллекций образцов для анализов		-----										
Проработка фондовой литературы			-----									
Обработка результатов анализов каменного материала			-----									
Петрографическая	-----											
Минералогическая	-----											
Механическая		-----										
Химическая			-----									
Фаунистическая	-----											
Микрофаунистическая	-----											
Анализы воды			-----									
Водные вытяжки грунтов			-----									
Камеральное дешифрирование фотосхем												
Геологическое			-----									
Геоморфологическое			-----									
Составление графики												
Геолого-литологическая карта			-----									
Геологические профили			-----									
Геоморфологическая карта и геоморфологические профили			-----									

Вид работы	Декабрь			Январь			Февраль			Март		
	I дек.	II дек.	III дек.	I дек.	II дек.	III дек.	I дек.	II дек.	III дек.	I дек.	II дек.	III дек.
Мелкая графика—вычерчивание разрезов скважин, шурфов и пр.			— — — — —									
Сводный стратиграфический разрез						— — — — —						
Тектоническая схема						— — — — —						
Гидрогеологическая карта						— — — — —						
Карта полезных ископаемых						— — — — —						

## Составление текстовой части по главам

Введение							— — — — —					
История исследования							— — — — —					
Методика работ							— — — — —					
Физико-географический очерк и экономическая характеристика							— — — — —					
Стратиграфия							— — — — —					

Тектоника								— — — — —				
Геоморфология								— — — — —				
Гидрогеология								— — — — —				
Геохимия								— — — — —				
Нефтегазоносность и прочие полезные ископаемые								— — — — —				
Заключение								— — — — —				
Корректировка текста описания фактического материала отчета								— — — — —				
Корректировка графики								— — — — —				
Общая корректировка текста отчета								— — — — —				
Окончательное оформление отчета								— — — — —				

## Рецензия и защита отчета

Условные обозначения исполнителей:

Начальник партии —————  
 Геолог —————  
 Геоморфолог —————  
 Коллектор —————  
 Лаборатория —————

Нач. партии (экспедиции)

Гл. геолог

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЖНЕЙШИХ ГОРНЫХ ПОРОД БЕЗ МИКРОСКОПА**

Для предварительного определения пород и породообразующих минералов в полевых условиях необходимо иметь с собой слабую (10%-ную) соляную кислоту (пригодна также уксусная эссенция, разбавленная водой), нож и лупу.

**Определение главнейших породообразующих минералов**

*Полевые шпаты.* Отличаются от кварца и нефелина спайностью; в изломе видны ровные и блестящие спайные площадки.

*Плагиоклазы* (известково-натриевые полевые шпаты). Отличаются от калиевых полевых шпатов частым присутствием полисинтетических двойников, которые можно различить, наклоня кусок в разные стороны, пока при определенном наклоне не станут видны чередующиеся тонкие полоски — матовые (темные) и блестящие (светлые). В сильную лупу на поверхности спайных изломов видны нередко мутные правильные или неправильные мелкие включения.

*Ортоклаз* (калиевый или щелочной полевой шпат). При наклоне видно, что зерна минерала распадаются не на полоски, а только на две части, отделенные прямой линией (простой двойник). В лупу иногда видны блестящие участки на матовой поверхности спайных изломов или же блестит вся поверхность. Мутные ортоклазы — красные, буровато-желтые, светлорубые или буровато-серые и почти никогда не бывают такими темными, как плагиоклазы.

*Нефелин.* Излом округленный и неровный; в породах мутный, грязного цвета — желтоватого, красноватого, зеленоватого и сине-серого; жирный блеск. От кварца отличается меньшей твердостью и тем, что разлагается кислотами.

*Кварц.* Излом округленный и неровный, часто раковистый, напоминающий излом толстого стекла; нет жирного блеска. В гранитовых породах нередко серый и похож на округлые стекляшки, вкрапленные в породу. В сильно смятых давлением породах кварц теряет стеклянный вид, делается белым и матовым и не всегда отличим от полевых шпатов.

*Биотит* (темная слюда). Легко отличим от остальных темноцветных породообразующих минералов своей совершенной листоватой спайностью. От пластинок (бурых или черных, иногда с бронзовым оттенком) легко отделить кончиком ножа тонкие, легко режущиеся ножом гибкие листочки.

*Мусковит* (светлая слюда). Отличается от биотита своим серебристо-белым цветом и прозрачностью.

*Оливин.* Похож по излому на кварц, но цвет его оливково-зеленый, желто-зеленый или черный. Спайности нет.

*Амфибол (роговая обманка) и пироксен.* Отличаются от оливина спайностью, от биотита — большей твердостью (не режутся ножом); далеко не всегда можно отличить их друг от друга, даже под лупой. Для обоих характерны блестящие и ровные спайные изломы; у пироксенов трещины спайности пересекаются под прямым углом и дают иногда излом в виде лестницы; у роговых обманок угол между трещинами спайности около 60°. Пироксены часто столбчатые с восьмиугольным поперечным разрезом, темнозеленые или бурые иногда с металлическим блеском; у роговых обманок столбики шестиугольные зелено-черного цвета.

**Определение магматических пород**

В табл. 10 приведены минералогический состав и структура важнейших магматических пород.

Приводим краткие характеристики важнейших типов магматических пород, необходимые для их определения.

*Яснозернистые светлые интрузивные породы.*

*Граниты.* Кварца не менее 20%, темноцветных минералов не более 5—10%; цвет светлый — красный, буроватый, желтый, светло-серый, иногда серовато-белый, чрезвычайно редко зеленовато-белый.

*Гранодиориты и кварцевые диориты.* В полевых условиях их почти невозможно отличить от гранитов, поэтому лучше все светлые кислые породы с кварцем называть гранитоидами.

*Сиениты.* Отличаются от гранитов только тем, что в них совсем нет кварца или количество его ничтожно.

*Нефелиновые сиениты.* Отличаются от сиенитов наличием нефелина.

*Яснозернистые темные интрузивные породы.*

*Диориты.* Не менее 15—20% темноцветных минералов — роговой обманки и биотита; кварца нет. Общая окраска породы пестрая или темная, полевые шпаты светлые, зеленоватые.

*Габбро.* Темноцветных минералов около 40—50%; биотит очень редок, при его наличии лучше относить породу к диоритам. Плагиоклазы темные, но просвечивают в краях, их двойниковые пластинки толстые. Окраска породы более темная, чем у диорита, буровато- или зеленовато-темносерая и черная.

*Бесполовошпатовые (ультраосновные) породы.* Отличаются отсутствием полевых шпатов. Более светлые, зелено-черные и бурые с металлическим блеском породы — *горнблендиты* и *пироксениты*; желто- или оливково-зеленые, покрытые на выветрелой поверхности желто-бурой коркой — *дуниты*.

*Мелкозернистые и скрытозернистые породы жил и малых интрузий*

*Породы нормального состава (нерасщепленные).* Отличаются от соответствующих интрузивных пород только мелкозернистостью (*микрорагиты*, *микросиениты* и т. д.) или наличием более крупных выделений в мелкозернистой массе (*гранит-порфиры*, *сиенит-порфиры* и т. п.). Определяются по минеральному составу.

*Аплиты.* Результат отщепления магмы; породы, обогащенные более светлыми минералами; отличаются от своих интрузивных аналогов мелкозернистостью и гораздо меньшим содержанием темноцветных минералов; гранит-аплиты и сиенит-аплиты почти лишены последних, габбро-аплиты содержат их в 2—3 раза меньше, чем габбро. Выделения большей частью отсутствуют; порода сахаровидная.

*Лампрофиры.* Результат отщепления магмы; породы, обогащенные темными минералами — биотитом, амфиболом или пироксеном, и поэтому они всегда значительно темнее, чем соответствующие интрузивные тела, с которыми они связаны. Цвета их красные, темно- или чернорубые, часто зеленые, иногда черные. Залегают в виде жил в интрузиях и вмещающих породах.

*Чрезвычайно крупнозернистые породы*

*Пегматиты.* Состоят из очень крупных кристаллов — от 1 мм и до метра и более в поперечнике; представляют результат отщепления; состав зависит от группы породы. Наиболее распространены гранитовые пегматиты, состоящие в основном из кварца и калиевых полевых шпатов во взаимном простоянии. Залегают в виде жил или пятен в интрузиях соответствующих глубинных пород или во вмещающих осадочных и метаморфических породах.

*Эффузивные породы покровов, потоков и жил*

Кайноитовые (свежие) породы с водяно-прозрачными, стекловидными, бесцветными или восково-желтыми полевошпатовыми вкрапленниками; зерна основной массы не различимы; она однородной окраски, без пятен, потеков или ржавчины; излом пероховатый вследствие мелкой пористости.

Палеогитовые (сильно измененные) породы имеют всегда плотную (следствие разложения) основную массу, часто неравномерно окрашенную; полевошпатовые вкрапленники мутные и окрашенные. Ортоклазовые породы

обоих типов чаще всего белые, желтоватые, желтые, розовые, а палеотипные также и красные; плагиоклазовые породы и фолониты большей частью серые, темносерые, шоколадные, зеленые и черные.

*Кварцевые порфиры и ливариты.* Отличаются от ортофиров и трахитов только наличием вкрапленников кварца, имеющих вид стекляшек, погруженных в основную массу.

*Андезиты и базальты.* Серые, темносерые или черные, шероховатые на ощупь; в базальтах обычно заметны в лупу оливковые вкрапленники; без последних эти две группы пород в поле разделить нельзя.

*Порфириты.* С темнозеленой или шоколадно-бурой основной массой и зеленовато-белыми, реже белыми и буроватыми полевошпатовыми вкрапленниками и черными вкрапленниками темноцветных минералов.

*Мелафиры.* Буро-черные порфириты с ржавыми вкрапленниками и часто с мицелиями.

*Диабазы.* Мелко- и среднезернистые; на темном зеленовато-белом фоне, в котором трудно различить отдельные минералы, видны белые или зеленовато-белые удлиненные прямоугольники или брусочки плагиоклазов.

*Фолониты.* С чисто серой или серой с буроватым оттенком основной массой, в которой можно заметить в лупу округлые или толсто-прямоугольные разрезы многогранных лейцитов или толсто-таблитчатых нефелинов.

*Пикриты, лимбургиты, авгиты.* Черные или зеленовато-черные породы с большим удельным весом, который является надежным отличительным признаком.

*Гнейсы.* Полнокристаллические, яснозернистые, сланцеватые, светлоокрашенные или пестрые (не темные) породы, состоящие из полевых шпатов, кварца и слюд — светлой или темной или обеих вместе. Название гнейсам дают по наиболее характерным минералам — главным и второстепенным. Породы как магматического, так и осадочного происхождения; часто — тончайшая послойная инъекция гранитов и аплитов в осадочные породы (магматиты).

*Слюдяные сланцы* (биотитовые, мусковитовые и двуслюдистые). Отличаются от гнейсов отсутствием или незначительным количеством полевых шпатов.

*Слюдистые микросланцы* (филлиты). Наименее сильно метаморфизованные из кристаллических сланцев и поэтому очень мелкозернистые и тонкосланцеватые, часто плотные породы. Образуют переходы к различным глинистым сланцам, от которых отличаются полнокристаллическостью (устанавливается только под микроскопом) и шелковистым блеском покрытых мельчайшими пластинками слюды параллельных плоскостей.

*Хлоритовые сланцы.* Зеленые, преимущественно темнозеленые породы, мягкие, легко режущиеся ножом; состоят в основном из хлорита. Породы осадочного и магматического происхождения (замещение перидотитов и серпентинитов).

*Тальковые сланцы.* Светлозеленоватые и зеленоватые (вследствие наличия хлорита или серпентина), жирные на ощупь и очень мягкие породы. Происхождение — как у предыдущих.

#### Определение осадочных пород (по В. П. Батурину)

##### Группа I. Породы однородные, афанитовые

В изломе при рассматривании невооруженным глазом порода представляет сплошную массу, где не видно отдельных зерен. Подобные породы образуются из очень тонко раздробленных терригенных или вулканогенных продуктов (глины, вулканический пепел и др.), из весьма мелких кристаллических зерен (тонкозернистые известняки и др.), из раздробленной массы организмов (некоторые тонкозернистые известняки, каменные угли и др.) или преимущественно из микроорганизмов (мел, диатомит и др.). Части породы сложные, куда входят различные по происхождению компоненты (мергель и др.).

#### А. Плотные, в воде не приобретают пластичных свойств

##### Царапаются ножом

###### а) Вскипают с HCl.

1. Тонкозернистый известняк. Цвета различные, главным образом от белого до серого, коричневого и реже других. Излом гладкий или слегка шероховатый, а также раковистый.

2. Литографский известняк. Разность тонкозернистого известняка, слегка глинистая. Излом весьма гладкий.

3. Известковый туф (см. группа II, 3а).

4. Мергель. В зависимости от количества глины окрашен в серые, бурые до темносерых (реже другие) оттенки. По сравнению с известняком имеет меньшую твердость, не так хрупок, в изломе шероховат.

###### б) Не вскипают с HCl.

5. Аргиллит. Серый до темносерого, реже другой окраски; так же как и мергели, имеет шероховатый излом. К нему близки некоторые глины-сухари.

6. Доломит. Характерны желтоватые и коричневатые оттенки, реже другие светлые цвета и белый. При нагревании вскипает с HCl. Иногда зернистое сложение и пористая текстура (см. группа II, 6а).

7. Ангидрит (см. группа II, 7а).

8. Каменный уголь. Черный до бурого (бурые угли), соответственно дает черную или бурую черту. Относительно легок. Каменный уголь — антрацит — блестящие, бурые угли, матовые; последние отличаются еще тем, что с KOH дают бурое окрашивание.

##### Царапаются ногтем

###### а) Вскипают с HCl.

9. Мел. Марает руки. По преимуществу белый, реже со светлыми оттенками разных цветов.

###### б) Не вскипают с HCl.

10. Гипс. Белые или окрашенные в различные оттенки плотные породы (см. группа II, 10а).

11. Бурые угли (см. п. 8).

12. Каменная соль. Белая или окрашенная в различные оттенки. Растворяется в воде, соленая на вкус (см. группа II, 12а).

13. Вулканический пепел. Цвет от белого до серого с различными оттенками. Обладает полировочными свойствами (чувствуется при растирании пальцем); иногда включает зерна темных минералов (см. группа III, 13а).

14. Диатомит. Главным образом белый с различными оттенками. Обладает полировочными свойствами, в некоторых случаях на ощупь слегка жирен (может быть спутан с каолином). Очень легок. Может быть также спутан с вулканическим пеплом. Окончательное определение породы требует микроскопического изучения.

15. Радиолярит.

##### Не царапается ножом

###### а) Частично вскипают с HCl.

16. Кремнеземные известняки, мергели. Вторично кремнеземные породы.

###### б) Не вскипают с HCl.

17. Кремнистые породы: кремни, яшмы и др. Цвет от полупрозрачного белого до черного, просвечивает по краям. Резко выражен оскольчатый излом и большая твердость.



Б. Плотные породы, будучи размочены, делаются пластичными в различной степени

*Царапаются ногтем*

а) *Вскипают с HCl.*

18. Известковые глины.

б) *Не вскипают с HCl.*

19. Глины.

20. Каолин. Главным образом белой окраски, жирен на ощупь.

В. Сланцеватые породы, в воде не приобретают пластичных свойств

*Царапаются ножом*

а) *Вскипают с HCl.*

21. Сланцеватый мергель или известковый сланец.

б) *Не вскипают с HCl.*

22. Глинистый сланец. Окраска главным образом темносера, реже другая. По плоскостям расслоения иногда заметны слюдястые минералы.  
23. Кровельный сланец. Отличается совершенной способностью расщепываться на тонкие пластинки значительной площади.

*Не царапаются ножом*

а) *Не вскипают с HCl.*

24. Кремнистый сланец.

Г. Сланцеватые породы, будучи размочены, делаются пластичными в различной степени.

*Царапаются ножом*

а) *Вскипают с HCl.*

25. Сланцеватая известковая глина.

б) *Не вскипают с HCl.*

26. Сланцеватая глина. В сухом виде рассыпается на неправильные пластинки, в мокром же может совершенно не отличаться от обыкновенной глины.

Группа II. Породы однородные зернистые или кристаллически зернистые

В изломе при рассматривании невооруженным глазом порода представляет однородную зернистую массу, где все зерна минералогически одинаковы и иногда имеют кристаллическое очертание. Породы этой группы образуются главным образом при кристаллизации из растворов (каменная соль, гипс и др.) или при повторной кристаллизации под влиянием давления (мрамор, кварцит и др.).

*Царапаются ножом*

а) *Вскипают с HCl.*

27. Кристаллические зернистые известняки.

28. Мрамор. Цвета различные, особенно у мраморов, где примеси создают почти гамму цветов. Мраморы — полно- и яснокристаллические известняки, сохраняющие во всех частях пласта свою кристалличность. В изломе нередко наблюдаются зерна с плоскостями спайности.

За. Известковый туф. Белый, реже буроватой окраски (от присутствия железа) и других оттенков. Довольно часто наблюдается полосчатость от чередования слоев различной окраски и натечные формы. Зернистость обычно мелкая, иногда в плотных агрегатах (см. 3). Пористость также свойственна известковым туфам.

б) *Не вскипают с HCl.*

6а. Доломит (см. 6).

7а. Ангидрит. Белый, редко с оттенками. Хорошо выраженная зернистость, реже плотный (см. 7). Ножом царапается очень легко.

*Царапаются ногтем*

а) *Не вскипают с HCl.*

10а. Гипс. Белый или окрашенный в различные оттенки. Плотный (см. 10) или кристаллически-зернистый. На кристаллах заметна хорошая спайность, по которой гипс расщепляется на тонкие пластинки.

12а. Каменная соль (см. 12).

*Не царапаются ножом.*

а) *Не вскипают с HCl.*

29. Кварцит. Белый, желтоватый, буроватый. Зернистое сложение; в зернах нет спайных плоскостей. Очень тверд.

Группа III. Породы неоднородные

В изломе при рассматривании невооруженным глазом порода представляется сложенной из агрегата крупных обломков, зерен (органического или неорганического происхождения) или целых организмов. Состав агрегата часто довольно пестрый. Если зерна ничем не связаны, то порода рыхлая (обладает сыпучестью); если зерна сцементированы между собой, в изломе можно наблюдать различие по составу (за редкими исключениями) зерен и цемента, чего нет в породах группы II, где вся масса сложена минералогически одинаковыми зернами.

Когда в состав зерен входят обломки различных минералов и горных пород, тогда породы имеют общее название терригенных. Участие организмов в сложении породы наблюдается обычно достаточно редко, но могут быть случаи, когда в свежем изломе порода кажется однородной; тогда нужно рассматривать выветрелые поверхности, где благодаря различной устойчивости цемента и включений неоднородность породы выступает отчетливее.

Породы этой группы образуются главным образом за счет обломков разрушаемой суши, величина которых превосходит частицы 0,01 мм (пески, песчаники, конгломераты и др.). Характером неоднородности обладают также разнообразны породы, представляющие скопления скелетов организмов (известняки, образованные макрофауной, и др.). Небольшая часть пород этой группы имеет химическое происхождение (оолитовый известняк и др.). Сюда же входят псаммитовые и псефитовые обломочные накопления вулканических продуктов (туфогенные песчаники и др.).

А. Зернисто-обломочные рыхлые породы

*Обломки больше 10 мм*

а) *Обломки окатаны.*

30. Галечник.

б) *Обломки остроугольные.*

31. Щебень.

*Обломки от 2 до 10 мм*

32. Гравий.

*Обломки меньше 2 мм*

а) *Вскипают с HCl.*

33. Известковый песок.

б) *Содержат много полевых шпатов*

34. Аркозовый песок.

в) *Содержат листочки слюды.*

35. Слюдистый песок.

г) *Содержат зеленые зерна глауконита.*

36. Глауконитовый песок.

д) *С большим количеством зеленых и бурых минералов (роговые обманки, пироксены, цветные слюды).*

37. Туфогенный песок (псевдотуфогенный песок). Происходит от разрушения близлежащих изверженных пород, богатых цветными минералами, и часто не отличим от собственно туфогенных пород.

е) Тонкая песчаноподобная порода, легкая и обычно светлоокрашенная с включениями темноцветных минералов.

13а. Вулканический пепел (см. 13).

ж) Тонкопесчанистая известковая порода (в обнажениях обладает вертикальной отдельностью).

38. Лёсс. Чаще желтоватого цвета, реже других оттенков; имеет переходы к пескам (см. пески), от которых отличается однообразным тонким зерном, что делает его почти однородным при рассматривании невооруженным глазом.

Б. Зернисто-обломочные плотные породы (цементированные)

Обломки больше 10 мм

а) Обломки окатаны.

39. Конгломерат. В зависимости от цемента известковый, железистый, глинистый и др.

б) Обломки не окатаны.

40. Брекчии. В зависимости от цемента известковистая, глинистая, железистая и др.

Обломки от 2 до 10 мм

41. Цементированный гравий. В некоторых случаях такую породу называют микроконгломератом или микробрекчией. В зависимости от цемента известковый, глинистый, кремнистый и др.

Обломки меньше 2 мм (песчаники)

По составу цемента

а) Вскипают с HCl.

42. Известковые песчаники.

б) Не вскипают с HCl.

43. Кремнистые. 44. Глинистые. 45. Железистые.

46. Хлоритовые песчаники и др. Кремнистые совершенно не царапаются ножом. Глинистые поддаются ножу между отдельными зернами. Железистые обычно окрашены в красный и бурый цвета различных оттенков. Хлоритовые имеют равномерную зеленую окраску.

По составу обломков

а) Кварц существенно преобладает.

47. Песчаник (кварцевый песчаник).

б) В обломках главным образом полевые шпаты.

48. Аркозовый песчаник.

в) В состав обломков входят минералы, обломки горных пород, а иногда и организмов.

49. Полимиктовый песчаник.

г) С большим количеством зеленых и бурых минералов (роговые обманки, пироксены, цветные слюды).

50. Туфогенный песчаник. Без изучения шлифов под микроскопом нельзя определить окончательную породу как туфогенную, но довольно часто эти породы геологически связаны с излившимися изверженными породами или содержат редкие в нормальных осадочных породах роговые обманки и пироксены, придающие им зеленоватый цвет.

По примесям в обломках

а) Заметны листочки слюды (особенно в плоскостях слоистости).

51. Слюдистый песчаник.

б) Заметны зеленые зерна глаукогнита.

52. Глаукоцитовый песчаник.

В. Породы плотные, состоят из округло-концентрических тел — оолитов

а) Вскипают с HCl.

53. Оолитовый известняк.

б) Не вскипают с HCl.

54. Оолитовый железняк. Окраска желто-бурая; порода, марающая руки.

55. Доломитизированный оолитовый известняк. Вскипает при подогревании.

Г. Породы, состоящие из отдельных организмов

а) Вскипают с HCl.

56. Нуммулитовый известняк. 57. Мшанковый известняк. 58. Коралловый известняк. 59. Известняк-ракушник и другие органогенные известняки; названия — по образовавшим их организмам.

б) Не вскипают с HCl.

60. Доломитизированный органогенный известняк. Вскипает при подогревании.

61. Окремнелый органогенный известняк. Целиклом или участками не царапается ножом.

Группа IV. Некоторые породы со смешанными признаками

62. Глинистые пески. 63. Песчаные глины. По сравнению с типичными глинами менее пластичны и шероховаты; в отличие от песков менее рыхлы и обычно тонкозернисты. В зависимости от того, к пескам или глинам ближе данная порода, ей дается первое или второе название.

64. Суглинки. Современные песчано-известковые глины, часто с известковыми конкрециями (журавчиками). Обычно с плохо выраженной слоистостью.

65. Песчанистый известняк. В массу известняка того или иного типа погружены песчаники, различаемые в лупу или по шероховатости поверхности. Породы участками не царапаются ножом, но интенсивно вскипает с HCl.

66. Обломочные или обломочно-органогенные известняки. Породы сложены известковыми обломками размером до 1 мм, неопределимыми ближе даже с помощью лупы. В том случае, если некоторые обломки удается отнести к тем или иным организмам, породе дается второе название.

67. Обломочно-оолитовый известняк. В породе, кроме обломков, различимы оолиты.

68. Грубообломочный известняк. Те же признаки, но размеры обломков доходят до 10 мм.

69. Брекчиевидный известняк. Те же признаки, но размеры всех или части обломков превышают 10 мм.

70. Обломочный доломит. 71. Грубообломочный доломит. 72. Брекчиевидный доломит. Те же признаки, что для известняков, но порода вскипает с HCl лишь при подогревании последней.

73. Пористый доломит (известняк). Породы пронизаны порами.

Битуминозные породы

74. Битуминозный песчаник. 75. Битуминозный известняк. 76. Битуминозный сланец. 77. Нефтеносный песок и другие породы, содержащие выделения черного или бурого, реже светложелтого битума, или же окрашивающие бензин (дающие вытяжку), или, наконец, издающие при ударе молотком запах бензина.

## ЛИТЕРАТУРА

1. И. Сталин. Экономические проблемы социализма в СССР. Госполитиздат, 1952.
2. Г. Маленков. Отчетный доклад XIX съезда партии о работе Центрального комитета ВКП(б). Госполитиздат, 1952.
3. Директивы XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 гг. Госполитиздат, 1952.
4. Абрамович М. В. Построение геологических профилей складок. Азнефтеиздат, 1933.
5. Бакиров А. А. Главнейшие черты геотектонического развития внутренней части Русской платформы. Сб. «К геологии центральных областей Русской платформы». Гостоптехиздат, 1951.
6. Белоусов В. В. Общая геотектоника. Госгеолиздат, 1948.
7. Белоусов В. В. Тектонические разрывы, их типы и условия образования. Изд. АН СССР, 1952.
8. Белов Л. И. Структурно-картировочное бурение в разведке на нефть. БТЭИ Цимтнефти. Гостоптехиздат, 1948.
9. Богданов А. А. Несогласия, их типы и значение их изучения. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1949.
10. Болк Р. Структурные особенности изверженных горных пород. Госгеолиздат, 1946.
11. Ботвинкина Л. Н. О классификации различных типов слоистости. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1950.
12. Вассоевич Н. Б. Флиш и методика его изучения. Гостоптехиздат, 1948.
13. Вассоевич Н. Б. Слоистость в свете учения об осадочной дифференциации. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1950.
14. Вассоевич Н. Б. Условия образования флиша. Гостоптехиздат, 1951.
15. Вассоевич Н. Б. О некоторых флишевых текстурах (знаках). Труды Львовского геологического об-ва, 1952.
16. Вебер В. Н. Методы геологической съемки. ОНТИ, 1937.
17. Войновский-Кригер К. Г. Некоторые соображения об изоклиальной складчатости. БМОИП, № 6, 1948.
18. Временная инструкция о порядке обработки геологических материалов, составления, утверждения и сдачи геологических отчетов. Госгеолиздат, 1951.
19. Высоккий И. В. Полевая и структурная геология. Гостоптехиздат, 1945.
20. Высоккий И. В. Структурно-геологическая съемка. Гостоптехиздат, 1946.
21. Глико О. А., Ефимов Б. П. Вопросы методики новой геологической карты. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1944.
22. Губкин И. М. Учение о нефти. ОНТИ, 1937.
23. Данилович В. Н. Трещинная тектоника и ориентировка движения покрова надвига. Труды Иркутского гос. универ., т. V, вып. 1, сер. геол., 1950.
24. Долицкий В. А. Опыт картирования нефтяного месторождения с помощью мензулы. Неф. хоз., № 1, 1930.
25. Единые нормы выработки на геолого-разведочные работы (ЕНВ). Госгеолиздат, 1953.
26. Жемчужников Ю. А. Слои и пласт. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1950.
27. Зайцев Н. К. Методика составления сводных гидрогеологических карт. Госгеолиздат, 1945.
28. Зенкович В. П. О подводных геологических работах в водозащитном аппарате. Природа, № 5. Изд. АН СССР, 1940.
29. Инструкция по приему, хранению и учету геологических коллекционных материалов в геологических музеях Министерства геологии. Госгеолиздат, 1951.
30. Келлер Б. М. О значении мощностей при тектонических построениях. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1948.
31. Кленова М. В. Выветривание на дне моря. Природа, № 3, Изд. АН СССР 1927.
32. Косая слоистость и ее геологическая интерпретация. Сб. статей. Госгеолиздат, 1940.
33. Косыгин Ю. А. Основы тектоники нефтеносных областей. Гостоптехиздат, 1952.
34. Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений. Госгеолиздат, 1940.
35. Кузьмин А. М. Слои и наложение. Изд. Зап.-Сиб. филиала АН СССР, Новосибирск, 1950.
36. Ломоносов М. В. О слоях земных 1757—1759. Госгеолиздат, 1941.
37. Методы и организация общей комплексной геологической съемки. Инструкция, составленная коллективом авторов. ГОНТИ, 1938.
38. Милановский Е. В. Геологические карты, их чтение и построение. ОНТИ, 1933.
39. Мирошниченко В. П. Аэрогеология. Госгеолиздат, 1946.
40. Наливкин Д. В. Учение о фациях. ОНТИ, 1933.
41. Николаев Н. И. Новейшая тектоника СССР и основные закономерности проявления тектонических движений. Советская геология, № 6, 1946.
42. Николаев Н. И. Генетические типы новейших континентальных отложений. БМОИП, отд. геол., т. 21 (4), 1946.
43. Николаев Н. И. Современные тектонические движения на территории СССР и геологические методы их изучения. Госгеолиздат, 1948.
44. Обручев В. А. Полевая геология. ОНТИ, 1932.
45. Овчинников А. М. К методике изучения трещиноватости. Разведка недр, № 4, и 5, 1938.
46. Пейве А. В. Глубинные разломы в геосинклинальных областях. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1945.
47. Пек А. В. Трещинная тектоника и структурный анализ. Изв. АН СССР, 1949.
48. Пек А. В. О механизме возникновения сланцеватости. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1940.
49. Пермьяков Е. Н. Основы методики использования трещиноватости горных пород для изучения тектоники платформенных областей. Тр. М. Ф. ВНИГРИ, 1951.
50. Полюнов Б. В. Кора выветривания. ОНТИ, 1934.
51. Попов В. И., Попов А. И. О комплексности в геологических исследованиях. Советская геология, № 4, 1941.
52. Рагозин М. К. Экзотектоника. Советская геология, № 2, 1944.
53. Ронов А. Б. Объемный метод изучения колебательных движений земной коры в применении к истории колебательных движений европейской части СССР. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1949.
54. Соколов И. Ю. Полевые гидрохимические лаборатории. Советская геология, № 21, 1947.

55. Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование. Географиздат, 1952.

56. Справочник путешественника и краеведа под редакцией С. В. Обручева, т. I и II. Географгиз, 1950.

57. Справочник «Нефтяное оборудование», т. I. Геолого-разведочное оборудование. ВНИГонефть, Гостоптехиздат, 1950.

58. Справочник укрупненных сметных норм на геолого-разведочные работы (СУСН). Госгеолиздат, 1952.

59. Справочник полевого геолога. Гостоптехиздат, 1952.

60. Советская геология за 30 лет. Сборник. Госгеолиздат, 1947.

61. Танатар И. И. Теоретические основы учения о рудных месторождениях. Гостехиздат Украины, 1950.

62. Усов М. А. Структурная геология. Госгеолиздат, 1940.

63. Фадеев П. И. Пески СССР. Изд. МГУ, 1951.

64. Хабаров А. В. Очерки по истории геолого-разведочных знаний в России, ч. I. МОИП, 1950.

65. Хаин В. Е. О непрерывно прерывистом течении тектонических процессов. Изв. АН СССР, сер. геол., 1950.

66. Херасков Н. И. О методике составления тектонических карт. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1949.

67. Херасков Н. П. Некоторые вопросы методики картирования в крупном масштабе. Ученые записки МГУ, вып. 136, 1949.

68. Храмушин А. С. Гидрогеологическая классификация трещиноватости горных пород. Советская геология, № 4, 1941.

69. Чернов Г. А. К методике картирования речных террас. Изв. Всесоюзного географического о-ва, № 1, 1948.

70. Шатский С. Н. Основные черты строения и развития Восточно-европейской платформы. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1946.

71. Шатский Н. С. О структурных связях платформы со складчатыми геосинклинальными областями. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1947.

72. Шатский Н. С. О длительности складкообразования и фазах складчатости. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1951.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие . . . . .	Стр. 3
Введение . . . . .	5

### ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

## ОСНОВЫ СТРУКТУРНОЙ ГЕОЛОГИИ

### Цели и задачи структурной геологии

<b>Г л а в а I. Слоистая структура в земной коре</b>	
§ 1. Осадочная оболочка и ее взаимосвязь с кристаллическим основанием и магматическими породами . . . . .	22
§ 2. Слой как элементарная часть осадочной оболочки . . . . .	27
§ 3. Типы слоистости . . . . .	29
§ 4. Основные характерные признаки различных типов слоистости . . . . .	36
§ 5. Понятие о согласном и несогласном наложении . . . . .	38
§ 6. Основные понятия о фациях . . . . .	47
§ 7. Внешние признаки слоев . . . . .	49
<b>Г л а в а II. Формы ненарушенного залегания слоистых пород</b>	
§ 1. Горизонтальное залегание слоев . . . . .	65
§ 2. Трансгрессивное и регрессивное залегания слоев . . . . .	70
<b>Г л а в а III. Основные понятия о типах тектонических нарушений и о свойствах горных пород</b>	
§ 1. Обзор важнейших типов тектонических нарушений . . . . .	75
§ 2. Физические свойства горных пород, влияющие на развитие тектонических нарушений . . . . .	77
<b>Г л а в а IV. Наклонное залегание слоев</b>	
§ 1. Моноклиналиное залегание слоистых толщ . . . . .	82
§ 2. Мощность наклонно залегающих слоев . . . . .	99
§ 3. Методы построения выхода наклонного пласта на карте . . . . .	102
<b>Г л а в а V. Складки</b>	
§ 1. Определение складки и ее элементы . . . . .	110
§ 2. Типы складок . . . . .	113
§ 3. Изображение складок и их элементов . . . . .	118
§ 4. Разделение складок по условиям их образования . . . . .	121
§ 5. Методы изучения и изображения складчатых нарушений . . . . .	135
<b>Г л а в а VI. Разрывы</b>	
§ 1. Общие понятия . . . . .	169
§ 2. Трещины . . . . .	170
§ 3. Разрывные смещения . . . . .	180

	Стр.	
§ 4. Генетическая связь между складчатыми и разрывными нарушениями	207	
§ 5. Краткие понятия о тектонитах	213	
<b>Глава VII. Формы залегания магматических пород</b>		
§ 1. Понятие о магме и лаве	215	
<b>Глава VIII. Основные типы тектонических зон</b>		
§ 1. Платформы	224	
§ 2. Геосинклинали	227	

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

**ПОЛЕВАЯ ГЕОЛОГИЯ**

<b>Глава IX. Общие сведения о геологическом картировании, топографии и картографии</b>		
§ 1. Геологическое картирование и его значение в поисково-разведочных работах	233	
§ 2. Значение топографических карт	234	
§ 3. Разграфка топографических карт и номенклатура планшетов	240	
§ 4. Картографическая сетка государственных карт СССР	246	
§ 5. Подбор топографических карт и материалов аэросъемки для геологической съемки	248	
<b>Глава X. Основные элементы геологических наблюдений в поле</b>		
§ 1. Объекты наблюдений	249	
§ 2. Местонахождение обнажения и нанесение его на топографическую карту	253	
§ 3. Определение элементов залегания пластов обнажения	286	
§ 4. Определение магнитного склонения и учет поправок при определении элементов залегания пластов	286	
§ 5. Определение мощности пласта при различных условиях рельефа и наклонном положении пласта	288	
§ 6. Составление сводного разреза	298	
§ 7. Особенности геологических съемок различных масштабов	306	
§ 8. Условия, влияющие на производство геологических наблюдений	309	
<b>Глава XI. Приемы геологического картирования</b>		
§ 1. Региональная геологическая съемка	311	
§ 2. Детальное геологическое картирование	315	
§ 3. Структурно-геологическая съемка	328	
§ 4. Геологическая съемка в подводных условиях	360	
§ 5. Геологическое картирование в областях развития магматических пород	364	
§ 6. Геологическое картирование излившихся (эффузивных) образований	368	
§ 7. Геологическая съемка в районах развития обломочных (пирокластических) отложений	372	
§ 8. Геологическое картирование на основе гидрогеологических исследований	375	
§ 9. Методы геоморфологических съемок	377	
§ 10. Геологическое картирование новейших тектонических движений	391	

		Стр.
§ 11. Геоботанический метод исследований при геологическом картировании		397
§ 12. Геофизические методы и их роль в геологическом картировании		405
§ 13. Аэрогеологические методы при геологическом картировании		407
<b>Глава XII. Основные этапы геологического исследования</b>		
§ 1. Подготовительно-организационный период		429
§ 2. Полевой период		444
§ 3. Камеральный период		448
§ 4. Объем и содержание отчетов		472

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

I. Таблица поправок угла падения при пересечениях, не перпендикулярных к простиранию пластов	479
II. Зависимость между истинным углом падения $\alpha$ и углом $\beta$ в косом разрезе	480
III. Таблица для определения истинной и измеренной мощностей	481
IV. Определение истинной мощности по измеренной (видимой), наблюдаемой вкост простирания пласта и по косому сечению	482
V. Схема составления проектного задания	484
VI. Типовые нормы снаряжения и оборудования для геолого-съемочных партий	486
VII. Шкала геологического времени	490
VIII. Индексы стратиграфических подразделений	492
IX. Схема организации комплексной геологической экспедиции	495
X. План камеральных работ комплексной геологической партии	498
XI. Определение важнейших горных пород без микроскопа	502
Литература	510

Редактор *Н. А. Еременко*

Ведущий редактор *Е. Г. Першина*  
Технический редактор *А. В. Трофимов*

Т-08525. Подписано к набору 11/VII 1953 г.

Подписано к печати 31/X 1953 г.

Формат 60×92/16. Бум. л. 17,56 с вклейками.

Печ. л. 35,13 с вклейками.

Уч.-изд. л. 36,96 с вклейками.

Тираж 6000 экз. Цена 14 р. 45 к.

Зак. 1721/410.

Типография «Красный Печатник».  
Ленинград, проспект имени И. В. Сталина, 91.