АКАДЕМИЯ НАУК СССР

КРАТКОЕ ПОЛЕВОЕ РУКОВОДСТВО ПО КОМПЛЕКСНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР

[illegible]
28/III-57 r.
[illegible]

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

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

55(0)
К-78

КРАТКОЕ ПОЛЕВОЕ РУКОВОДСТВО ПО КОМПЛЕКСНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

53773

Составители: Н. И. Апухтин, Т. Б. Богрецова, С. Г. Боч, Г. С. Ганешин, Л. В. Голубева, В. И. Громов, И. И. Краснов, Б. М. Михайлов, К. В. Никифорова, Н. И. Николаев, И. М. Покровская, В. В. Попов, Р. Н. Принц, Э. И. Равский, Е. В. Шанцер, С. В. Эпштейн, С. В. Яковлева

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва — 1957

ՀՍՍՌ ԳԱ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳՐԱԴԱՐԱՆ
Институт Геологических Наук

Редакционная коллегия:

С. Г. Боч, *В. И. Громов*,
К. В. Никифорова

ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение и картирование четвертичных отложений имеет огромное научное и практическое значение.

В научном отношении изучение четвертичных отложений позволяет восстановить историю развития земной поверхности, жизни на Земле и климата Земли за последний миллион лет ее существования. Относительно хорошая сохранность четвертичных отложений и доступность их для изучения, а также прямая связь с формами рельефа благоприятствуют выяснению закономерностей процессов денудации и осадконакопления в различных фациальных и климатических условиях.

Процессы образования четвертичных отложений происходят на наших глазах и могут подвергаться непосредственному изучению с качественной и количественной стороны. Поэтому изучение четвертичных отложений дает также ключ к чтению разреза более древних континентальных осадков и восстановлению палеогеографических условий.

В течение четвертичного периода развивался человек и его культура. Поэтому данные, относящиеся к изучению четвертичного периода (антропогена), дают возможность восстановить историю человеческого общества.

В практическом отношении изучение четвертичных отложений важно потому, что с ними связан целый ряд россыпных месторождений полезных ископаемых, в том числе золота, платины, олова, титана, алмазов и др. В ряде случаев россыпные находки, сделанные в четвертичных отложениях, служат основанием для поисков коренных месторождений полезных ископаемых. На этом построены методы валунно-поисковый и прослеживания россыпных шлейфов, изложенные в настоящем руководстве.

Сами четвертичные отложения в ряде случаев представляют строительные и другие полезные ископаемые (кирпичные глины, стекольные пески, балластные галечники, валуны, торф, диатомиты, озерные руды).

С четвертичными отложениями связаны водоносные горизонты, используемые в сельских местностях, а иногда и в городах. В четвертичных отложениях закладываются фундаменты большинства зданий и других сооружений. Наконец, четвертичные отложения служат субстратом для почв и наряду с климатом и рельефом определяют состав и характер растительности. Поэтому изучение четвертичных отложений важно с народнохозяйственной точки зрения.

При геологическом картировании в любой части территории СССР геолог-съемщик всегда имеет дело с различными генетическими типами четвертичных отложений, которые на обширных площадях представляют собой мощные толщи и являются основным объектом, получающим изображение на геологических картах.

Отсюда возникает необходимость разработки сопоставимых региональных стратиграфических шкал четвертичных отложений, с последующим созданием единой шкалы для всей территории СССР, что позволит кар-

тировать четвертичные отложения в единой легенде, облегчит составление сводных карт, будет способствовать решению теоретических вопросов, связанных с изучением четвертичного периода, и даст возможность наиболее полно использовать заключенные в четвертичных отложениях полезные ископаемые.

Между тем до сих пор при геологической съемке материал по стратиграфии, литологии и вещественному составу четвертичных отложений и связанным с ними формам рельефа в ряде случаев все еще собирается неудовлетворительно. Это вызывает необходимость усилить методическое руководство съемкой четвертичных отложений.

Исследованиям четвертичных отложений и геоморфологическим исследованиям посвящены отдельные главы в методическом руководстве по геологической съемке и поискам (составленном в 1954 г. ВСЕГЕИ под редакцией С. А. Музылева). Специальное внимание этим вопросам уделено в инструкциях по геологической съемке различных масштабов, изданных Министерством геологии и охраны недр СССР в 1955 г.

Госгеолиздат выпустил двухтомное методическое руководство по съемке четвертичных отложений, составленное группой авторов под редакцией проф. С. А. Яковлева.

Отдельные методические указания по изучению четвертичных отложений и геоморфологии имеются в «Справочнике краеведа и путешественника», изданном в 1950 г. под редакцией С. В. Обручева, и «Справочнике нефтяника» (2-е изд., 1954 г.).

Однако, как показывает практика, наряду с настольными руководствами и инструкциями необходимо иметь краткое полевое руководство, рассчитанное на геологов не специалистов по четвертичной геологии, которое содержало бы краткую характеристику различных генетических типов четвертичных отложений и слагаемых ими форм рельефа, методические указания по составлению карты четвертичных отложений, обзор методов и приемов исследования четвертичных отложений и указания по сбору палеонтологических остатков в поле, а также основные сведения о полезных ископаемых в четвертичных отложениях и о методах их поисков. Такое руководство необходимо повседневно при геологической съемке в полевой обстановке.

Первой попыткой создания такого руководства явилась «Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений», изданная в 1940 г. К настоящему времени она стала библиографической редкостью и в значительной степени устарела.

Тем не менее это издание ближе всего отвечает характеру методического полевого руководства и поэтому оно было взято за основу при составлении настоящего руководства. Содержание его было значительно переработано и дополнено в соответствии с рецензиями на издание 1940 г. и современными требованиями и пожеланиями, высказанными координационным совещанием в 1955 г., с учетом инструкций по геологической съемке масштабов 1 : 1 000 000, 1 : 500 000 и 1 : 200 000, изданных Министерством геологии и охраны недр СССР. Руководство было пополнено рядом новых разделов: 1) особенности документации и метод зарисовок обнажений четвертичных пород, 2) исследование карстовых форм и пещер, 3) определение абсолютного возраста четвертичных отложений, применение аэрометодов, характеристика шлихового метода, гидрогеологические и инженерно-геологические наблюдения при съемке четвертичных отложений. Изучение лёссов и лёссовидных отложений было выделено в особую главу, значительно расширен раздел, касающийся условий образования россыпных шлейфов в условиях солифлюкции.

Советом Министров СССР составление руководства было возложено на Геологический институт Академии наук СССР и Всесоюзный научно-ис-

следовательский геологический институт (ВСЕГЕИ) Министерства геологии и охраны недр СССР.

В качестве авторов в нем приняли участие сотрудники ГИН АН СССР, ВСЕГЕИ и МГРИ, участвовавшие в составлении настольных названных выше методических руководств: С. Г. Боч, В. И. Громов, Н. И. Николаев, И. И. Краснов, И. М. Покровская, С. В. Эпштейн, С. В. Яковлева.

Кроме того, к работе были привлечены и другие специалисты по четвертичным отложениям: Е. В. Шанцер (МГРИ), К. В. Никифорова, Э. И. Равский, Л. Б. Голубева (ГИН АН СССР), Г. С. Ганешин, Т. Б. Богрецова, Б. М. Михайлов (ВСЕГЕИ), В. В. Попов (Военно-инженерная академия им. Куйбышева), Р. Н. Принц (Трест «Мосгеолнеруд»), Н. И. Апухтин (Северо-Западное геологическое управление), которыми были написаны отдельные разделы руководства.

Работа была выполнена в течение 1955 г.

Часть I

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ОСОБЕННОСТИ И СВОЕОБРАЗИЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СХЕМА ИХ СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ

Как показывает анализ накопившегося материала, стратиграфическое расчленение четвертичных отложений не должно принципиально отличаться от расчленения отложений более древних систем, хотя в изучении четвертичных отложений имеется своя специфика.

Характерной особенностью четвертичной системы является преимущественно континентальный характер доступных для изучения отложений в противоположность преимущественно морским осадкам других систем. Континентальные отложения всех геологических систем отличаются от морских, как известно, быстрой фациальной изменчивостью, большим разнообразием генетических типов, тесной зависимостью в своем залегании от рельефа, наличием остатков наземной фауны и флоры и некоторыми другими особенностями. Все это требует разработки методики, в которой наряду с обычными геологическими методами должны широко применяться методы геоморфологического анализа. Но четвертичные отложения имеют и свою специфику, свойственную только этим отложениям. Эта специфика заключается в геологической молодости четвертичных образований, связывающих геологическое прошлое с современностью, в находках среди четвертичных отложений остатков ископаемого человека и его культуры. Однако все указанные различия в изучении отложений четвертичной и более древних систем не имеют принципиального характера, и метод палеонтологического анализа должен быть ведущим в изучении всей группы стратиграфических вопросов для всех периодов истории Земли. Однако применение этого метода ни в какой степени не исключает необходимости использования и других методов: тектонического, геоморфологического, литологического, палеогеографического, а в отношении четвертичных отложений также археологического, зоологического, ботанического и палеопедологического.

Только широкое применение комплекса методов может обеспечить правильное решение стратиграфических вопросов при изучении континентальных отложений вообще и четвертичных в частности.

Возможность применения биостратиграфического метода в изучении четвертичных отложений долгое время отрицалась, да и теперь признается еще не всеми геологами, на том основании, что четвертичная фауна и флора изменились якобы так мало по сравнению с современными, что использовать их для стратиграфии нельзя. То же самое относится, по мнению некоторых исследователей, и к остаткам палеолитического человека и его культуры. Однако проверка на большом материале, в течение многих лет, биостратиграфической схемы, разработанной в отделе четвертичной геологии ГИН АН СССР, показала, что эта схема с успехом может

применяться не только для Европейской, но и для Азиатской части СССР, разумеется, с учетом географической зональности. На совещании четвертичников в мае 1954 г. было признано возможным положить в основу единой стратиграфической шкалы для четвертичных отложений СССР схему, разработанную в четвертичном отделе ГИН с широким использованием биостратиграфических данных.

Необходимость выработки единой шкалы в настоящее время представляется одной из очередных и неотложных задач четвертичной геологии в связи с постановлением Совета Министров СССР о геологическом картировании, так как только при наличии единой шкалы и единого подразделения четвертичной системы возможно успешное составление сводных и обзорных геологических карт, не говоря уже о том, насколько облегчило бы систематизацию и обобщение материала наличие единой системы подразделений.

Установленное в 1932 г. на Международной конференции подразделение четвертичной системы, построенное по палеоклиматическому принципу, в настоящее время уже устарело и нуждается в изменениях. Поэтому ни одна из существующих схем, основанная на этом подразделении, не может быть применена для всей территории СССР, как ледниковых, так и внеледниковых ее областей.

Несмотря на это, анализ существующих местных стратиграфических схем для крупных территорий Европейской и Азиатской части СССР, составленных авторами, придерживающимися различных взглядов на причины и число оледенений, показывает, что между ними нет непреодолимых расхождений; последние сводятся лишь к различной интерпретации фактического материала. Поэтому имеется полная возможность обобщить накопившиеся факты в единой стратиграфической схеме на основе соответствующего подразделения четвертичной (антропогеновой) системы.

Основные недостатки большинства существующих схем следующие:

а) неопределенность нижней границы четвертичного периода, которую различные исследователи проводят по-разному;

б) невозможность выделения ярусов для всей территории СССР при составлении обзорных карт масштаба 1 : 200 000 и даже отделов, при масштабе 1:1 000 000, между тем выделение границ ярусов и отделов обязательно при кондиционном картировании. Невозможность выделения таких границ объясняется тем, что «ярусами» в этих схемах названы промежутки времени (ледниковья и межледниковья), которые в действительности представляют детали, соответствующие более низким таксономическим подразделениям, а «отделы» представляют лишь части (нижний, средний, верхний плейстоцен) крупного отрезка времени — плейстоцена, совершенно отсутствующего в подразделениях большинства схем.

Предложенная четвертичным отделом ГИН АН СССР схема подразделения четвертичного периода, разработанная в 1955 г., лишена этих основных недочетов (см. табл. 1). Нижняя граница четвертичного периода проведена там сейчас же выше среднего плиоцена, т. е. под акчагыльскими отложениями и соответствующими им образованиями (ергенинские и хапровские пески) в СССР, ниже виллафранкских отложений в Италии, под мцерскими в Польше, ниже кагерия в Африке, сиваликских отложений в Индии, нихеванских в Китае и т. д. Вряд ли такое сопоставление при современном уровне знаний может вызвать какие-либо возражения.

О таком снижении нижней границы доложила специальная комиссия на XVIII Международном геологическом конгрессе, и оно встретило единодушное одобрение.

Этому нижнему отрезку времени антропогенового периода можно дать название эоплейстоцена и выделить в нем два яруса, которые могут быть

обоснованы и палеонтологически (табл. 1). Далее выделяется плейстоцен с тремя ярусами и голоцен с двумя ярусами. Границы ярусов, не говоря уже об отделах, вполне могут быть нанесены при геологическом картировании и сопоставлены с подразделениями других схем (см. табл. 1).

В настоящее время в системе Министерства геологии и охраны недр принята другая схема подразделения четвертичного периода, разработанная еще в 1932 г. на Международной конференции Ассоциации по изучению четвертичного периода Европы. Содержание этой схемы изложено в разделе «Карта четвертичных отложений» настоящего руководства.

В связи с тем, что описанная нами новая схема подразделений четвертичного периода не является утвержденной Министерством геологии схемой, кондиционную съемку четвертичных отложений приходится проводить по схеме 1932 г. (см. раздел «Карта четвертичных отложений»). Однако изложенные выше соображения о недочетах схемы 1932 г., модернизированной С. А. Яковлевым в 1956 г., позволяют считать целесообразным уже в настоящее время при полевых работах приступить также к составлению карт на стратиграфической основе.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

По способу и условиям образования все типы четвертичных отложений разделяются на две основные группы: континентальные и морские отложения.

Морские отложения играют резко подчиненную роль и, как правило, занимают относительно ограниченные площади.

Обычно при геологической съемке четвертичных отложений геологу приходится иметь дело исключительно с континентальными образованиями, имеющими весьма разнообразный состав и происхождение и связанными друг с другом сложными взаимоотношениями, т. е. с различными генетическими типами континентальных четвертичных отложений. Под генетическим типом четвертичных континентальных образований понимается совокупность отложений, возникших в ходе какого-либо определенного геологического процесса, видоизменяющего поверхность суши. Генетические типы отличаются один от другого как составом объединяемых ими горных пород, так и, что особенно важно для их диагностики в поле, условиями залегания и взаимоотношениями с формами рельефа. Их, в свою очередь можно объединить в три большие разнородные группы.

Первая группа генетических типов континентальных четвертичных образований — это образования вулканогенные (лавы, туфы и т. п.). Ни по происхождению, ни по составу, ни по условиям залегания они принципиально не отличаются от более древних вулканогенных пород. Изучение их также основывается на обычных геолого-петрографических методах. Поэтому специально рассматривать их нет необходимости. Следует лишь подчеркнуть, что среди четвертичных отложений различных генетических типов встречаются линзы и прослои вулканических пеплов, заносимых иногда воздушными течениями на значительные расстояния от центров извержения. Они обнаружены, например, на Украине и в бассейне Дона вплоть до района Воронежа. Установление таких прослоев важно как для суждения о вулканических процессах четвертичного периода, так и для четвертичной палеогеографии, поскольку по минералогическому составу пепла можно решить, из каких вулканических областей он занесен, а следовательно, решить и вопрос о преобладающих направлениях ветров в высоких слоях атмосферы. Поэтому всякий прослой, сходный по облику с вулканическим пеплом, следует внимательно изучить в поле, а состав его определить под микроскопом.

Второй своеобразной группой генетических типов континентальных отложений, свойственной уже исключительно четвертичной системе, являются так называемые антропогенные, или техногенные, отложения, возникшие в результате деятельности человека. Сюда относятся различные отвалы горных выработок, насыпи, дамбы, так называемые «культурные слои» на месте древних человеческих поселений и т. п. Существенного участия в строении четвертичных отложений они, как правило, не принимают.

Подавляющее большинство четвертичных отложений относится к третьей группе собственно осадочных образований, обязанных своим происхождением процессам выветривания и денудации суши или жизнедеятельности населяющих ее организмов. Их, в свою очередь, можно объединить в несколько групп или парагенетических рядов, отражающих те естественные сочетания, которые обычно образуют эти генетические типы в природе. Ниже последовательно рассматриваются такие парагенетические ряды.

Элювиальный ряд

В элювиальный ряд объединяются рыхлые горные породы, состоящие из не смещенных денудацией продуктов выветривания исходных материнских (коренных) горных пород суши и залегающие на месте своего первоначального образования. Элювиальный покров в целом носит название коры выветривания и, в случае мощного развития, подразделяется на ряд горизонтов, сильно отличающихся один от другого литологическим составом, т. е. сложенных различными горными породами. Каждая из этих последних является особой элювиальной породой, или особым типом элювия. Даже в наиболее благоприятных для процессов выветривания условиях теплого и влажного климата для формирования мощного, хорошо дифференцированного на литологически различные горизонты профиля коры выветривания требуются сроки порядка миллионов лет. Поэтому в странах умеренного и холодного климатических поясов за относительно короткий промежуток времени, соответствующий четвертичному периоду, успел образоваться лишь маломощный и сравнительно однородный элювиальный покров, в применении к которому термины «элювий» и «кора выветривания» практически почти совпадают и нередко употребляются как синонимы [1].

Лучше всего четвертичный элювий развит там, где процессы денудации не протекают вовсе или сильно ослаблены и сноса образующихся продуктов выветривания не происходит. Эти условия характерны для плоских водораздельных пространств равнинных областей. На склонах элювий либо вовсе отсутствует, либо крайне слабо развит. Неблагоприятны для его образования и участки накопления осадков, предохраняющих свое ложе от воздействия процессов выветривания.

Состав элювиальных образований весьма различен — от развалов крупных глыб скальных пород, объемом до нескольких кубических метров, до суглинков и глин. Столь же сильно варьирует их окраска. Все зависит от состава подстилающих коренных пород и типа процессов выветривания, связанных с климатической обстановкой.

Характерными признаками элювия являются тесная зависимость состава от материнской породы и постепенность перехода к ней. На твердых скальных породах это выражается в наличии в их элювиальном по-

---

[1] В приложении к древним мощным корам выветривания палеогенового и мезозойского возраста, известным на территории СССР, такое пользование терминами было бы неправильным.

крове слабо измененной угловатой щебенки, количество которой возрастает в направлении вниз по разрезу. Какой-либо сортировки материала в элювии не заметно.

К элювиальным образованиям относятся также почвы, представляющие поверхностный слой коры выветривания, образовавшийся главным образом под воздействием растительного покрова и перегнойных или гумусовых веществ, образующихся при его отмирании. Современные почвы являются объектом изучения специальной науки — почвоведения и их изучение и картирование не входят в задачу геолога. Однако они встречаются нередко в погребенном состоянии в толщах четвертичных отложений и тогда приобретают большое значение для стратиграфии четвертичной системы и палеогеографии четвертичного периода. В связи с этим погребенным почвам посвящена далее самостоятельная статья.

Склоновый ряд

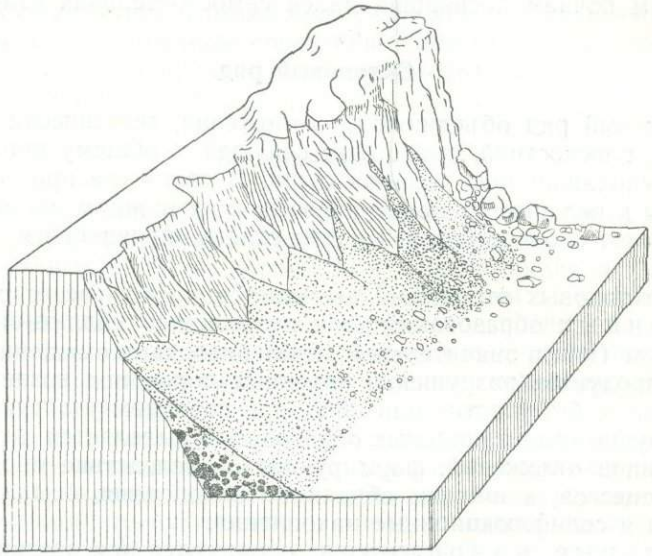
В склоновый ряд объединяются отложения, генетически связанные с процессами плоскостной денудации, ведущей к общему снижению местности, к выполаживанию рельефа суши. В своем распространении они приурочены к склонам, главным образом к их нижним частям, где образуются за счет сноса с верхней части склона, являющейся зоной денудации.

Среди склоновых отложений выделяется прежде всего группа гравитационных образований (так называемый коллювий), возникающих целиком (или в значительной мере) благодаря смещению под уклон исходных продуктов разрушения коренных пород под воздействием собственного веса, без участия или лишь при побочном участии других факторов. В группе гравитационных образований выделяется несколько генетических типов отложений, формирующихся вследствие проявления различных процессов, а именно: обвальные накопления, осыпи, оползневые накопления и солифлюкционные накопления.

Обвальные накопления образуются при внезапном обрушении крупных блоков скальных пород, слагающих крутые склоны. Развиты они преимущественно в горных странах, где иногда образуют мощные валообразные завалы, частично или полностью перегораживающие долины рек. Обвальные накопления сложены из нагромождения крупных угловатых глыб горных пород, слагающих прилежащий склон, которые пересыпаны щебнем, дресвой и мелким пылеватым детритусом. Сортировки материала в них не замечается.

Осыпи образуются в результате скатывания и соскальзывания вниз по склону небольших глыб, щебня, дресвы и песчаных частиц, являющихся продуктами физического выветривания. В отличие от обваливания, являющегося процессом катастрофическим, осыпание, с геологической точки зрения, совершается медленно и непрерывно в течение длительных промежутков времени. Осыпание идет лишь на крутых склонах и практически прекращается, как только средний уклон уменьшится до величины, близкой к углу естественного откоса сыпучих тел, т. е. примерно до 30°. На ранних стадиях процесса оно проявляется неравномерно, главным образом на отдельных участках верхней части крутого склона, сложенного чаще всего выветривающимися горными породами. Против таких участков образуются отдельные конусы осыпания. В дальнейшем они постепенно сливаются в сплошной осыпной шлейф, прикрывающий нижнюю часть склона (фиг. 1). Для старых, прекративших развитие и частично заросших растительностью осыпных шлейфов характерен вогнутый профиль, образующийся вследствие постепенного оседания и уплотнения тела осыпи. Нижние части таких осыпей имеют уклон, который зна-

чительно меньше угла естественного откоса, и более или менее плавно сливаются с дном долины. Наоборот, молодые осыпи круты на всем протяжении и смыкаются с дном долины четко выраженным изломом профиля. Осыпи сложены угловатым, неокатанным щебнистым материалом, нагроможденным без видимых следов сортировки. Несовершенные признаки последней намечаются лишь в форме преобладания более крупных и тяжелых обломков в нижней части тела осыпи, поскольку, вследствие бо́льшей инерции, они скатываются дальше вниз по склону. В крупнощебенчатых и глыбовых осыпях нередко имеется песчано-глинистый цемент, выполняющий промежутки между обломками и вмытый в осыпь стекающей со склонов водой. Древние осыпи бывают даже сцементированы в



Фиг. 1. Конусы осыпания, осыпной шлейф и строение осыпи

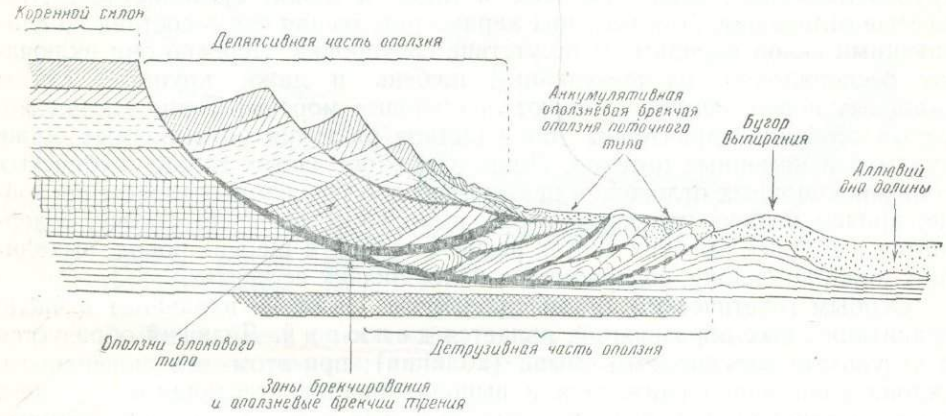
довольно плотную брекчию, особенно там, где коренные породы состоят в значительной части из известняков или под осыпями имеются выходы источников с жесткой водой, отлагающей в порах осыпи кальцит. Развиты осыпи особенно мощно в горных странах и в условиях резко континентального климата, способствующего физическому выветриванию.

Оползневые накопления (деляпсий) образуются как следствие процесса оползания, заключающегося в скольжении слагающих склон песчано-глинистых пород в виде более или менее монолитных блоков по пологим вогнутым поверхностям срыва. Эти поверхности образуются в результате нарушения равновесия откоса при насыщении пород влагой, увеличивающей их вес и пластичность. Типичное строение крупного оползня показано на схеме фиг. 2. Слагающие его массы и являются оползневыми накоплениями. Они могут быть разных типов.

Первый тип — оползневые блоки, сложенные коренными породами склона, сохранившими нормальную стратиграфическую последовательность. Это, скорее, не вновь возникшие отложения, а оползневые дислокации сбросового типа. Чаще всего они развиты в верхней, деляпсивной части оползня, где блоки смещаются, свободно соскальзывая вниз под влиянием собственного веса.

Второй тип — оползневые складки, обычно образованные сильно раздробленными коренными породами и осложненные многочисленными разрывами взбросового и надвигового характера. Они больше всего развиты в нижней, детрузивной части оползней, где смещение происходит в основном под напором вышележащих масс. К складкам оползневого происхождения относится также образующийся нередко впереди фронта оползня бугор выпирания, сложенный антиклинально вспученными, но почти не смещенными породами ложа долины. С этими обоими типами оползневых накоплений сопряжены прослои оползневых брекчий трения, образующихся вдоль поверхностей скольжения и напоминающих тектонические брекчии.

Наконец, если оползающие глинистые породы сильно раздроблены и пересыщены влагой, они не двигаются в виде цельного блока, а распадаются на мелкую щебенку, смешанную с разжиженной глиной, и стекают



Фиг. 2. Схема строения оползня

по понижениям склона наподобие глиняного глетчера, заполняя впадины рельефа. Подобные оползни поточного типа дают начало накоплению аккумулятивных оползневых брекчий, являющихся уже настоящими новыми осадочными породами. Участки развития относительно молодых оползней ясно выражены в рельефе склона, приобретающего здесь характерную ступенчатость и бугристость и осложненного рядом крутых врезанных в него оползневых цирков, отвечающих местам срыва отдельных оползневых блоков. Древние снивеллированные и погребенные оползни распознаются только по оползневым накоплениям, выходящим в обнажениях или вскрываемым скважинами. Они распространены лишь ограниченными участками, там, где их образованию способствовала благоприятная климатическая, гидрогеологическая и геоморфологическая обстановка. Поэтому оползневые накопления обычно не играют большой роли в строении четвертичных отложений, но их значение для четвертичной геологии важно, так как они много дают для восстановления истории развития рельефа.

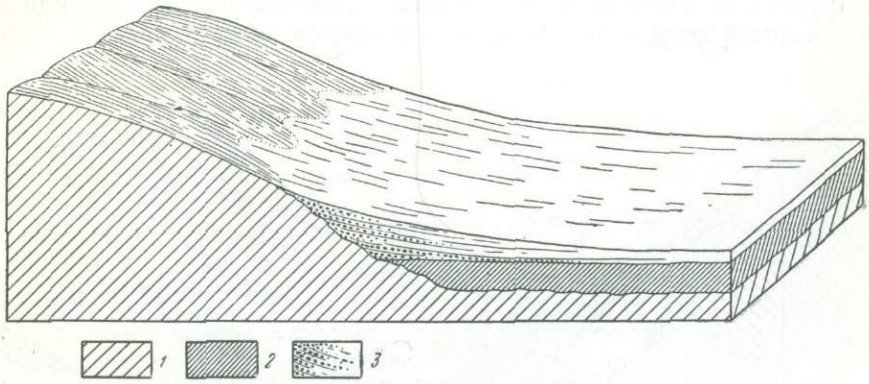
Солифлюкционные накопления образуются в результате медленного течения вниз по уклону переувлажненного поверхностного слоя рыхлых покровных образований. Типичные проявления солифлюкции свойственны областям развития неглубоко залегающей вечной мерзлоты, служащей водоупором и благоприятствующей пересыщению влагой лежащего выше слоя сезонного оттаивания, или так называемого активного слоя. Этот слой подвергается солифлюкционному смещению

даже при очень малых уклонах (2—3°). Это объясняется тем, что течение рыхлых минеральных масс происходит не просто под влиянием их собственного веса, недостаточного в этих условиях для преодоления сил трения и сцепления. Большую роль в процессе солифлюкции имеют различные пластические деформации деятельного слоя, связанные с периодическими изменениями его объема под влиянием попеременного оттаивания и замерзания, набухания и ссыхания коллоидов, а также сезонное пересыщение его талыми и дождевыми водами, при котором оказывается превзойденным нижний предел текучести. В связи с большим значением солифлюкции в развитии морфологии склонов многих областей СССР ей и образующимся в результате этого процесса солифлюкционным накоплениям ниже посвящается особый раздел. Здесь ограничимся лишь указанием, что состав солифлюкционных накоплений может быть весьма различным и целиком зависит от состава исходного материала. Встречаются грубообломочные, даже глыбовые, а также и тонкие суглинистые и глинистые отложения. Для всех них характерны тесная связь состава со слагающими склон породами и отсутствие сортировки. Нередко они включают беспорядочно распределенный щебень и даже крупные глыбы скальных пород, чем напоминают ледниковые морены. Такие «псевдоморены» особенно характерны для участков развития описываемых ниже курумов и каменных потоков. Лишь в нижних частях толщи щебнистых солифлюкционных отложений щебень нередко расположен как бы послойно, причем щебень коренных пород, выходящих выше по склону, содержится и в более высоких частях разреза толщи, а щебень пород, выходящих ниже по склону, содержится в более низких ее частях.

Особым генетическим типом склонового ряда, не входящим в число гравитационных образований, является делювий. Делювий образуется в результате плоскостного смыва (абляции); при этом вся поверхность склона равномерно снижается и выполаживается стекающими с него многочисленными небольшими струями талых и дождевых вод, которые сносят мелко раздробленные и пылевато-глинистые продукты выветривания коренных пород. При отсутствии сомкнутого растительного покрова и рыхлости слагающих склон пород плоскостной смыв может активно протекать еще при уклонах порядка 5°, обычно же он заметно проявляется при уклонах 5—10°. Там, где имеются плотный дерновый покров или склон сложен твердыми скальными породами, плоскостной смыв почти не заметен даже на крутых склонах.

Смываемый с верхней части склона (зона смыва) материал отлагается в виде делювия у его подножья и на нижней части склона (зона аккумуляции), образуя делювиальный шлейф (см. фиг. 3), который имеет вогнутую форму поверхности и очень пологие уклоны, уменьшающиеся от 5—8° в вершине шлейфа до 1—2° у его подошвы, плавно сливающейся с дном долины. В равнинных странах, где талые и дождевые воды скапливаются главным образом на плоских водораздельных пространствах, общая форма профиля делювиального склона соответствует изображенной на фиг. 3. Его верхняя денудационная часть полого-выпуклая, нижняя же, соответствующая делювиальному шлейфу,— полого-вогнутая. Верхняя кромка шлейфа, совпадающая с краем делювия, проходит по границе между этими двумя морфологически различными частями склона. Руководствуясь этим, можно оконтуривать площади распространения делювия в поле даже при полной задернованности и залесенности местности. В горных странах, где нет плоских водораздельных пространств, делювиальный склон на всем протяжении вогнут. Отграничить его верхнюю, денудационную часть от делювиального шлейфа помогают в таком случае высыпки щебня коренных пород и развитые обычно в зоне денудации плоские зачаточные эрозионные ложбинки — делли (фиг. 3).

Состав делювия зависит от горных пород, слагающих верхнюю часть склона, от ее крутизны и площади, обусловливающих размеры водосбора. Поэтому он может варьировать от мелкощебнистых дресвяников до тонких суглинков и глин. Однако преобладает делювий суглинистый. Щебнистые его разности широко распространены лишь при сильно рассеченном гористом рельефе, но и здесь всегда в его составе преобладает суглинистый материал. Будучи осадком субаэральным, делювий по мере накопления перерабатывается в той или иной степени процессами почвообразования, в связи с чем стоят такие обычные его признаки, как вертикальная трещиноватость, иногда хорошая столбчатая отдельность, наличие вертикально ориентированных макропор и т. д.



Фиг. 3. Схема делювиального шлейфа и строение делювия:
1 — коренные породы; *2* — аллювий дна речной долины; *3* — делювий

В пределах одного и того же шлейфа делювий закономерно изменяет свой состав от более грубого, иногда щебнисто-дресвянистого близ верхней кромки шлейфа до мелкоземистого, суглинистого или даже глинистого, часто лёссовидного близ подошвы шлейфа. В то же время в любом вертикальном разрезе обнаруживается аналогичное изменение состава при движении снизу вверх в толще делювия. Это изменение происходит неравномерно, так как делювию свойственна тонкая слоистость, параллельная склону. Особенно хорошо заметна она в относительно грубых разностях, благодаря чередованию слойков резко различного механического состава. В тонких суглинистых разностях слоистость незаметна или выражается лишь в способности породы давать в сухом виде плоские расколы, параллельные склону.

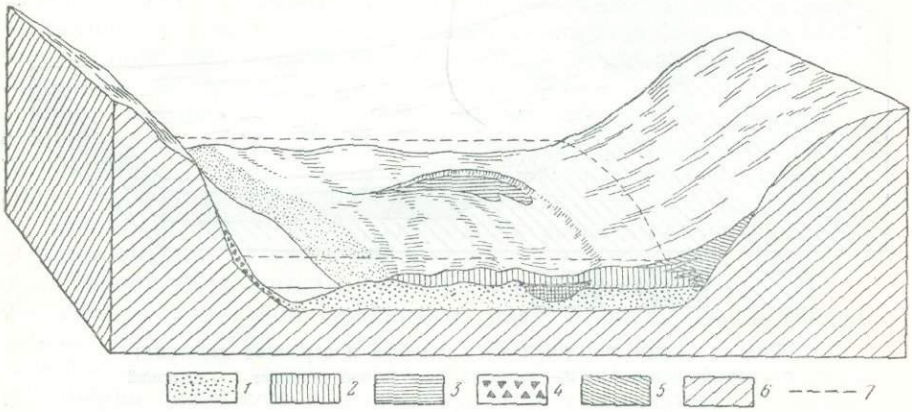
Все указанные признаки — условия залегания, состав и закономерности его изменения, слоистость — являются одинаково важными диагностическими признаками делювия и лишь их совместное наличие может быть полной гарантией правильности отнесения изучаемых отложений именно к этому генетическому типу. Следует особо подчеркнуть, что литологически очень сходные породы довольно широко распространены среди других генетических типов, особенно среди некоторых фаций аллювия и пролювия. Надо также иметь в виду, что применение термина «делювий» к любым склоновым отложениям, нередко практикующееся среди геологов и особенно среди разведчиков, неправильно и противоречит самому его смыслу (он происходит от латинского слова deluo — смываю).

В областях проявления солифлюкции, при одновременно с ней протекающем плоскостном смыве, возникают смешанные солифлюкционно-делювиальные отложения, для которых характерны и признаки, проме-

жуточные между обоими генетическими типами. Смешанный характер носят также отложения, возникающие в пределах денудационной части склонов, подвергающихся плоскостному смыву. Это обычно тонкий покров продуктов выветривания коренных пород склона, лишь слегка смещенных вниз и несколько обогащенных грубообломочными щебнистыми и дресвянистыми составными частями вследствие выноса водой тонких глинистых и пылеватых частиц. Такой тип отложений обычно именуется элювиально-делювиальным.

Группа отложений русловых водных потоков

Отложения русловых водных потоков, т. е. постоянных и временных рек и ручьев, генетически тесно связаны с линейным размывом, или эрозией — формой денудации, движущим фактором которой является работа



Фиг. 4. Схема строения аллювия равнинной реки:

1 — русловой аллювий; 2 — пойменный аллювий; 3 — старичный аллювий; 4 — осыпи; 5 — делювий; 6 — коренные породы; 7 — уровень полых вод

тех же водных потоков. Разработка эрозионных долин и накопление рассматриваемой группы отложений — это лишь две стороны единого процесса. Среди отложений русловых водных потоков принято различать два генетических типа: аллювий и пролювий.

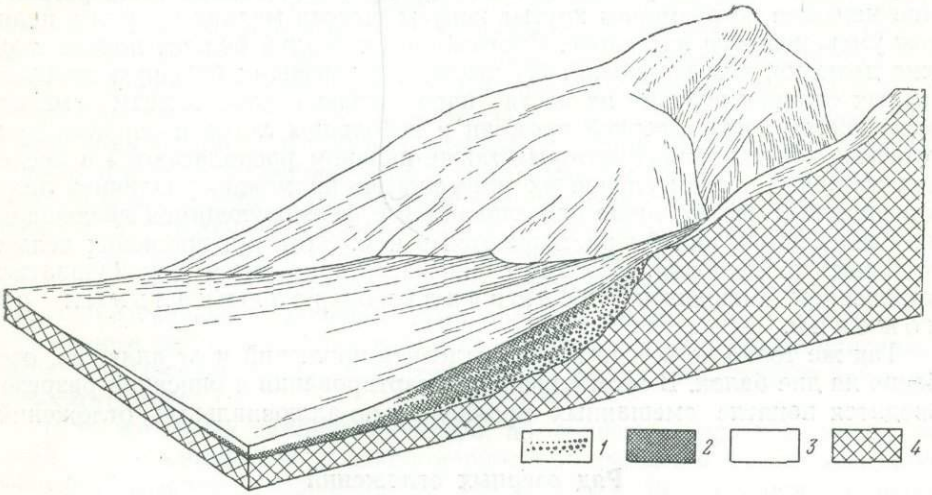
Аллювий включает отложения постоянных и временных рек и ручьев, отлагаемых ими на дне долин, балок и оврагов. Наиболее типичной его разновидностью является аллювий постоянных равнинных рек. В нем четко выделяются три группы фаций — русловой, пойменный и ста́ричный аллювий, соотношение которых изображено на фиг. 4.

Русловой аллювий отлагается в русле реки и, по мере смещения последнего по дну долины, выстилает его сплошным покровом. Он сложен хорошо отмытыми песками («речники») с характерной диагональной слоистостью, наклонной вниз по течению.

Пойменный аллювий образуется вследствие выпадения тонких частиц, взвешенных в полых водах, периодически затопляющих пойму. Он перекрывает сверху русловой аллювий, сплошным покровом одевая дно долины вне русла. Состоит пойменный аллювий чаще всего из суглинков и супесей, но в его строении участвуют также тонкозернистые пески и глины. Для него типична тонкая, почти горизонтальная слоистость. Однако в суглинистых разностях ее часто вовсе не заметно. Кроме того, претерпевая диагенез в субаэральной обстановке, они нередко приобретают вер-

тикальную трещиноватость и другие черты сходства с делювиальными суглинками, от которых отличаются тогда прежде всего условиями залегания.

Ста́ричный аллювий отлагается в отшнурованных от реки брошенных участках русла, превратившихся в пойменные озера — старицы. Он залегает линзами среди русловых песков и состоит главным образом из темноокрашенных, часто богатых органическим веществом иловатых суглинков, глин и тонких песков. В зависимости от климатической обстановки и режима равнинных рек в их аллювии могут преобладать то русловые фации, что чаще всего и бывает, то пойменные. Аллювий горных рек характеризуется недоразвитостью или полным отсутствием пойменных и старичных фаций и состоит обычно почти из одних русловых, сложенных



Фиг. 5. Схема строения пролювия:

1 — грубообломочные отложения; *2* — пески и супеси; *3* — суглинки; *4* — коренные породы

галечниками. Овражный и балочный аллювий отличается слабой фациальной дифференцированностью и обычно недоразвитостью русловых фаций; линзы песков и гравия образуются в толще преимущественно суглинистого состава. От делювия примыкающих склонов он отграничен нечетко, менее однороден и сложен обломочным материалом, принесенным из верховий вдоль тальвега. Главным его диагностическим признаком является залегание на дне овражной или балочной долины.

П р о л ю в и й слагает приустьевые конусы выноса оврагов и долин и отлагается временными потоками, растекающимися по плоской поверхности, которая примыкает к подножию прорезанного ими склона. В отличие от аллювия, пролювий не дифференцирован на русловые, пойменные и старичные фации и закономерности его строения совершенно другие (фиг. 5). Они заключаются в смене грубого галечно-валунного или гравелистого материала все более тонкозернистым по мере удаления от вершины конуса выноса к его периферии. В вершинной части крупных конусов выноса материал слабо отсортирован, и для этой части пролювиальной толщи характерно неправильное чередование больших линз разного состава. В средней и нижней частях конуса линзы галечного, гравелистого и песчаного состава становятся тоньше, более вытянуты и чередуются со слоями грубо- и тонкопесчаных супесей и суглинков. На периферии конуса пролювий может быть уже целиком суглинистым.

53373

Особенно мощно развит пролювий у подножий горных хребтов, расположенных в засушливых, полупустынных и пустынных областях. Здесь громадные пролювиальные конусы выноса образуются даже у устьев долин довольно крупных постоянных горных рек, быстро иссякающих по выходе из гор. Нередко многочисленные конусы выносов сливаются в единый покатый пролювиальный шлейф, в виде обширной наклонной равнины обрамляющий подошву горного хребта. В его периферических частях оседает уже исключительно тонко отмученный пылеватый и глинистый материал, дающий начало толщам пролювиальных лёссов, описываемых ниже.

На равнинах пролювий недоразвит и образует небольшие, чаще всего целиком сложенные суглинками и супесями конусы выноса оврагов, прорезающих склоны речных долин. Наряду с ними здесь часто развиты еще меньшие по размерам крутые конусы выноса мелких промоин, целиком умещающиеся на склоне. Слагающие их осадки больше напоминают уже делювий, чем пролювий. На высоких и имеющих большую площадь горных склонах верхние их части параллельно с плоскостным смывом рассекаются обычно серией промоин и небольших логов и оврагов, приустьевые конусы выноса которых также целиком располагаются в пределах склона. В таком случае их морфологически можно различить лишь в вершинных частях, ниже они сливаются с формирующимся делювиальным шлейфом и как бы растворяются в нем. Этот тип пролювия нельзя отчленить от делювия. Поэтому очень часто приходится ограничиваться выделением смешанных *делювиально-пролювиальных отложений*.

Так же точно не всегда можно отделить пролювий и от аллювия, особенно на дне балок. В этом случае при картировании и описании разрезов вводится понятие смешанных пролювиально-аллювиальных отложений.

Ряд озерных отложений

Под собственно озерными отложениями понимаются осадки, образующиеся на дне озерных водоемов, не связанных с речной поймой (в озерах-старицах отлагается ста́ричный аллювий). Отлагаясь в бассейнах с малоподвижной или стоячей водой, они обычно имеют хорошо выраженную правильную горизонтальную слоистость и нередко сланцуются по плоскостям напластования. Для них характерно также присутствие раковин крупных пресноводных моллюсков. Состав озерных отложений может быть весьма разнообразным. Для крупных водоемов характерна та же закономерность смены литологических типов осадков, что и для морей, а именно — от галечников и песков в прибрежной мелководной зоне к глинистым, органогенным или хемогенным отложениям во внутренних, относительно глубоких частях. В малых озерах состав осадков зависит от количества и крупности приносимого в них обломочного материала и от гидрохимического режима воды.

Наибольшее влияние на характер отлагающейся в озере толщи осадков оказывает климат. Для пресных озер влажной климатической зоны типичны органогенные отложения — сапропели, диатомиты. Из химических и органогенно-химических осадков в них образуются бобовые железняки в форме тонких прослоев, а иногда — озерные мергели. Для солоновато-водных и соленых озер засушливой зоны типичны кальцитовые и доломитовые мергели и мергелистые глины, а также различные соли — гипс, мирабилит.

На обширных аллювиальных внутриматериковых равнинах и в дельтах рек, где русла водотоков блуждают по плоской поверхности, не ограниченной близко расположенными склонами долины, во время разливов

нередко образуются обширные мелководные временные и постоянные водоемы озерного типа (так называемые плавни, лиманы и разливы). В них отлагаются тонко отмученные осадки, не всегда с хорошо выраженной слоистостью. Они настолько сходны с пойменным и старичным аллювием и так тесно переплетаются с ним в толще покрывающих равнину отложений, что выделить их очень трудно, даже иногда невозможно. В таком случае приходится принимать генезис всей толщи как смешанный озерно-аллювиальный.

Органогенные болотные отложения (торфяники)

Торфяники могут образовываться в весьма различной обстановке, а потому и прослои торфа могут встречаться в отложениях разных генетических типов. Так, торфяники, возникающие в результате зарастания озер, являются закономерной стадией развития озерного водоема, и накапливающийся в них торф представляет собой столь же закономерный член серии озерных отложений, венчая ее разрез. Торфяники, образующиеся при заболачивании речных пойм или зарастании стариц, дают начало слоям торфа, подчиненным аллювиальной толще. Верховые торфяники, возникающие на водоразделах в лесной зоне, нередко связаны с верховодкой, застаивающейся на уплотненном, так называемом иллювиальном горизонте типичных для нее подзолистых почв, и тесно парагенетически связаны с элювиальными образованиями. Таким образом, органогенные болотные образования не являются, в отличие от описанных выше генетических типов, представителями какого-либо одного парагенетического ряда.

В то же время накопление торфа, по существу, процесс биологический, тесно связанный с закономерностями развития растительных сообществ. Поэтому торфяники являются объектом изучения биологов-торфоведов и болотоведов, а не геологов.

Однако как современные, так, в особенности, ископаемые торфяники тесно связаны с другими четвертичными отложениями и имеют очень большое значение для четвертичной стратиграфии и палеогеографии. Будучи отличными показателями физико-географической обстановки, они, кроме того, содержат много хорошо сохранившихся растительных остатков и, что особенно важно, пыльцы и спор. К тому же современные торфяники важны и с практической точки зрения, как возможные источники топлива и удобрения. Поэтому при картировании четвертичных отложений необходимо их оконтуривать и выделять в качестве особого генетического типа.

Оконтуривание современных торфяников при съемке не представляет затруднений. При этом важно верно оценить среднюю мощность торфа, что часто удается сделать простым его прощупыванием при помощи заостренного шеста или железного прута. Следует также заложить, если это возможно, шурфы или «закопушки» для описания торфяной толщи. Детальное изучение торфяников требует специальной методики их описания. Геологу же можно ограничиться характеристикой состава торфа (сфагновый, осоковый, лесной и т. п.), указать степень его разложения, наличие минеральных примесей (глины, песка и т. п.) и общие условия эксплуатации. При работе в районах широкого развития торфяных болот полезно иметь специальный торфяной бур для зондировки торфяников. Необходимо также отбирать из толщи торфа образцы на спорово-пыльцевой и карпологический анализы по приводимой ниже методике.

Особенно большое внимание надо уделять описанию погребенных торфов в разрезах четвертичных отложений, так как они могут послужить

важными опорными стратиграфическими горизонтами. При этом надо помнить, что ископаемые торфы сильно уплотнены и их наблюдаемые мощности во много раз меньше мощности торфяника во время его образования. Особенно сильно бывают уплотнены моховые торфы, иногда превратившиеся в подобие войлока, легко делящегося на тонкие слойки. Поэтому при описании ископаемого торфа следует выделять в нем отдельно все слои, отличающиеся один от другого по составу, даже если они имеют мощность в 1 см и менее.

Ледниковый ряд

Ледниковый ряд объединяет наиболее своеобразные четвертичные отложения. В него входят разнородные генетические типы, тесно связанные, однако, с деятельностью ледника и образующие в природе единый парагенезис, известный обычно под названием ледникового комплекса. Сюда относятся собственно ледниковые отложения, представленные различными моренами, отложенными самим льдом, флювиогляциальные, или ледниково-речные, отложения (т. е. осадки потоков талых ледниковых вод) и лимногляциальные, или ледниково-озерные, отложения — осадки приледниковых и внутриледниковых озер, питавшихся талыми водами ледника.

Собственно ледниковые отложения, или морены, отличаются всегда отсутствием сортировки материала и состоят из беспорядочной смеси глинистых частиц, песка, гравия, щебня, гальки и валунов самого различного размера. Относительное количество этих компонентов может быть весьма различным, так что встречаются морены грубовалунные, щебнистые, песчаные, супесчаные и суглинистые. Эти различия зависят от состава разрушаемых ледником пород ложа и от дальности их переноса, так как во время движения ледник дробит и перетирает захваченный обломочный материал. Поэтому для горных ледников, обычно имеющих сравнительно небольшую длину, характерен, как правило, грубощебнистый состав морен. Такой же состав часто типичен и для морен древнего материкового оледенения, в областях, близко расположенных к центрам ледниковых покровов, например для Карелии. В удалении от центра, наоборот, морены обычно состоят из валунных суглинков со сравнительно малым количеством крупных валунов, редко рассеянных в их толще. Типичные ледниковые валуны отличаются характерной формой, пришлифованной и покрытой шрамами поверхностью. Их петрографический состав и ориентировка служат средством установления направления движения льда. Поэтому изучению валунов ниже посвящена особая статья.

Переносимый ледником обломочный материал образует так называемые подвижные морены. Среди них для горных ледников различают: поверхностные морены (в том числе срединные и боковые), образующиеся в результате скатывания глыб и щебня с окружающих склонов; внутренние морены, включенные в толщу льда; донные морены, образующиеся при выпахивании льдом своего ложа и перемещающиеся в придонных слоях. В материковом льде присутствуют практически только донные морены.

В результате образуются два главных вида отложенных морен: основные и краевые, или конечные. Основные морены покрывают плащом бывшее ложе ледника и в областях древнего материкового оледенения распространены на огромных площадях, одевая все водоразделы в равнинных странах и достигая иногда мощности нескольких десятков метров. Толща основной морены частично отлагается в ходе движения ледника

подо льдом (собственно поддонная морена). Верхние же ее слои являются мореной вытаивания, осевшей на ложе ледника при его стаивании. Иногда удается различить эти две части моренного пласта, так как морена вытаивания обнаруживает менее закономерную ориентировку валунов и более грубый состав вследствие выноса талыми водами части мелких частиц при перемыве. Конечные морены образуют валообразные возвышенности у края ледника во время длительного стояния его на одном рубеже. Они описаны подробнее ниже, при характеристике ледниковых форм рельефа.

Нередко в разрезах моренных отложений наблюдаются линзы и прослои слоистых песков и галечников, отложенные в подледниковых озерах и потоках.

Кроме типичных ледниковых морен, отложенных на суше, встречаются «водные» морены, образующиеся в тех случаях, когда ледниковый покров или язык оканчивается в каком-либо водном бассейне. Вытаивающий при этом обломочный материал, находящийся в толще льда и на его поверхности, отлагается на дне бассейна, смешиваясь и чередуясь со слоистыми водными осадками. Чаще всего наблюдаются морские морены, отлагавшиеся в мелководной прибрежной части моря. Для них характерно включение остатков морских организмов, нередко перетертых и перемешанных с обломочным материалом.

К морским моренам близки по генезису и характеру айсберговые морены. Плавающие айсберги, образовавшиеся в результате отрыва крупных глыб льда от края спускавшихся в море ледников, уносят включенный в них моренный материал далеко от берега. Постепенно вытаивая, он сгружается на морское дно, обусловливая включение многочисленных галек и валунов в морские осадки, сохраняющие обычно слоистость и содержащие хорошо сохранившуюся фауну.

Если ледник опускается в пресноводный озерный бассейн, то на дне его образуются отложения, аналогичные морским моренам, с тем, однако, отличием, что в них отсутствуют остатки морских организмов.

Водные морены наряду с включением валунов галек и гравия, беспорядочно распределенных в породе, характеризуются местами неясной слоистостью и наличием прослоев и линз хорошо отсортированных озерных песков и глин.

Эту слоистость не следует смешивать с полосчатостью, наблюдающейся иногда в обычных наземных моренах и связанной с периодическим изменением состава приносимого льдом материала. Она выражается в чередовании в нижних частях разреза неясно отграниченных, параллельных ложу полос мощностью 0,2—2 м, отличающихся цветом, степенью глинистости и отчасти составом валунов местных горных пород. Полосчатость имеет, как правило, узко локальное развитие.

Флювиогляциальные отложения подразделяются на две группы: внутриледниковую и приледниковую. Внутриледниковые флювиогляциальные отложения образуются потоками талой воды, текущими по поверхности ледника, в самой толще льда, по протаянным каналам или туннелям подо льдом. Особенно характерны они для краевой зоны материкового льда, в пределах которой, после стаивания ледникового покрова, дают начало своеобразным аккумулятивным формам рельефа — озам и камам.

Озы имеют вид узких крутосклонных извилистых гряд, вытянутых в общем в направлении движения ледника. Озы тянутся иногда на десятки километров и имеют форму, напоминающую железнодорожную насыпь. Сложены озы песками, гравиями, галечниками и окатанными валунниками с хорошо выраженной косой, часто диагональной слоисто-

стью. Высота озовых гряд весьма различна и может достигать десятков метров.

Происхождение озовых гряд до настоящего времени точно не установлено. Наиболее вероятными являются туннельная и дельтовая гипотезы. Первая рассматривает озовые гряды как результат заполнения флювиогляциальным материалом внутриледниковых и подледниковых туннелей. Согласно дельтовой гипотезе, озы образуются при постепенном отступании ледника, путем слияния дельтовых конусов, откладывавшихся подледниковым потоком у края ледникового покрова, на дне примыкавшего к нему водоема. Она, очевидно, применима лишь для таких районов, как Прибалтика, в пределах которой во время отступания льдов четвертичного оледенения существовали обширные приледниковые озерные и морские бассейны.

Камы в типичных случаях представляют беспорядочное нагромождение холмов, чередующихся с ложбинами и замкнутыми котловинами. Они несколько напоминают краевые моренные накопления, но отличаются от них отсутствием четко выраженной ориентировки.

Сложены камы, как правило, чередованием песков с диагональной слоистостью с тонкозернистыми горизонтально-слоистыми песками, слоистыми супесями, суглинками и даже глинами. Текстура этих отложений указывает, что среди них большую роль играют осадки озерного типа.

Вопрос о происхождении камов еще менее ясен, чем вопрос о происхождении озов. Обычно образование их связывают с аккумуляцией осадков в озерах, образовавшихся во впадинах на поверхности льда при деградации и распаде ледникового покрова. Не исключена возможность заполнения водой и полостей внутри ледника и под ним. После окончательного исчезновения ледника материал, заключенный в этих полостях и в надледниковых впадинах, аккумулируется в виде камовых всхолмлений.

Следует сказать, что по происхождению камовые отложения правильнее относить к образованиям, переходным от флювиогляциальных к озерно-ледниковым, так как они в значительной мере происходят из талых вод ледника, образующих почти неподвижные надледниковые или внутриледниковые бассейны.

Нередко тонкий слой морены покрывает озы и камы с поверхности, что служит одним из указаний на их образование под ледником.

Приледниковые флювиогляциальные отложения менее характерны и их диагностика в поле значительно сложнее. Вытекающие из-подо льда талые воды по мере удаления от его края стекают в эрозионные долины, сливаются в единое русло и превращаются в обычную реку. Оставляемые ими отложения приобретают все признаки обычного аллювия, к которому их и надо причислять. В горных странах, где оледенение носит по преимуществу долиннный характер, отделить флювиогляциальные отложения от аллювия, как правило, почти невозможно. Лишь весьма условно к ним можно относить галечники террас, непосредственно упирающихся в краевые морены, хотя они ничем, по существу, не отличаются от обычного горного аллювия.

Большим заблуждением является довольно распространенное мнение, что в областях материкового оледенения флювиогляциальные отложения можно отличить от аллювия по большей грубости их состава, обилию гравия и валунов. Среди флювиогляциальных отложений весьма широко распространены как грубые валунные пески, так и мелкозернистые и даже тонкозернистые, поскольку потоки талых вод имели самые различные размеры и самые различные скорости течения. В то же время нижние горизонты руслового аллювия равнинных рек нередко сложены весьма

грубым материалом и богаты валунами, заимствованными из различных ледниковых отложений. Не составляет исключения и современный аллювий.

В качестве приледниковых флювиогляциальных отложений в равнинных странах следует выделять лишь те осадки потоков талых вод, которые отлагались на водораздельных пространствах, вне пределов речных долин. Здесь, впереди края материкового льда, талые воды образовывали сложную систему ветвящихся протоков, постоянно менявших свое положение. Они отлагали широкие полосы песков в плоских, слабо оформленных понижениях рельефа или сплошь заносили галечниками и песками обширные площади, получившие название зандров, или зандровых полей.

В ископаемом состоянии флювиогляциальные отложения распознаются по непосредственной связи их в разрезах с другими членами ледникового комплекса. Среди них различают обычно внутриморенные отложения, образующие линзы в моренных толщах и являющиеся большей частью погребенными озами и камами, и подморенные, или межморенные, разделяющие разновозрастные моренные пласты. Эти последние представляют собой погребенные зандры и образуют выдержанные горизонты, протягивающиеся на большие расстояния. С ними нередко связаны столь же выдержанные, гидравлически обособленные водоносные горизонты, наличие которых весьма помогает прослеживанию межморенных и подморенных флювиогляциальных толщ при сопоставлении обнажений и буровых скважин.

Озерно-ледниковые отложения в наиболее типичной и генетически ясной их разновидности сложены ленточными глинами и ленточными супесями. Факт накопления их песчаных разностей в приледниковых водоемах обычно устанавливается по фациальному замещению глинистых отложений этими менее типичными осадками.

Ленточные глины и супеси образовались в подпруженных краем ледникового покрова приледниковых озерах, заполнявших плоские, часто весьма обширные понижения рельефа. Характерным их признаком служит идеально выраженная горизонтальная слоистость с ритмическим чередованием тонких песчаных прослоев и более мощных глинистых. Песчаные прослои отлагались в озере за счет более крупных частиц, приносимых талыми водами в летний сезон. Глинистые прослои являются зимними осадками, когда таяние льда почти полностью прекращалось.

На основании материала изучения сезонной ритмичности ленточных глин был разработан геохронологический метод подсчета абсолютной длительности существования приледниковых озер и времени, протекшего с момента начала и до окончания тех стадий отступания ледникового покрова, с которыми они были связаны (см. ниже, раздел «Геохронологические методы»).

Эоловый ряд

Среди эоловых образований, являющихся результатом переноса ветром твердых частиц, различают песчаные и пылеватые отложения (эоловые лёссы). Разносимые воздушными течениями и выпадающие из атмосферы вулканические пеплы по своему первичному происхождению входят в группу вулканогенных образований и в состав эолового ряда не включаются.

К песчаным эоловым отложениям относятся скопления навеянного ветром песка, образующие характерные формы рельефа: барханы, дюны, грядовые, бугристые пески и др.

Образуются эоловые пески за счет развевания аллювиальных, морских и озерных рыхлых отложений в условиях засушливого климата и постоянных, выдержанных по направлению ветров. В некоторых случаях развеванию подвергаются и породы более древнего возраста.

Наибольшим распространением эоловые пески пользуются в жарких и сухих районах субтропического и умеренного поясов, где они образуют на обширных территориях характерные ландшафты песчаных пустынь. Во влажных районах умеренной зоны развеваемые пески приурочены обычно к речным террасам, берегам озер и морей. Еще реже встречаются эоловые песчаные гряды на междуречьях умеренной зоны, обычно в виде материковых параболических дюн, являющихся реликтом ледникового времени и развитых в пределах зандровых полей и обширных аллювиальных равнин типа Полесья.

Во всех случаях происхождение эоловых песков устанавливается в первую очередь по характерным для них формам рельефа, особенности которого будут рассмотрены ниже. Более древние эоловые образования, особенно сохранившиеся в виде реликтов ныне не существующих климатических условий или сильно измененные последующими процессами денудации и эрозии и закрепленные древесной растительностью, требуют для выяснения их генезиса детального изучения состава и характера слагающих их песчаных отложений.

К пылеватым отложениям эолового происхождения относятся некоторые лёссы. Вопрос о происхождении лёссов, широко развитых во внеледниковой зоне СССР и других стран, нельзя считать решенным. В настоящее время господствует представление, что лёссы и близкие к ним лёссовидные породы могут образоваться разными путями — эоловым, делювиальным, пролювиальным, а иногда даже аллювиальным (в виде особой фации пойменного аллювия). Ниже исследованию лёссов посвящен особый раздел.

* * *

Все рассмотренные генетические типы отложений сведены в табл. 2. В ней помещены буквенные индексы, применяемые при описании разрезов и составлении карт четвертичных отложений. Особо следует отметить применение индексов для смешанных генетических типов. Они употребляются и тогда, когда выделить отдельные «чистые» генетические типы в поле можно, но нельзя оконтурить их в масштабе съемки, так как распространены они лишь небольшими участками. В этом случае на карте показывается суммарная площадь развития родственных генетических типов и применяется «смешанный» индекс.

Следует также подчеркнуть, что не всегда генетический тип отложений удается определить с достаточной достоверностью. Так, например, обстоит дело с так называемыми «покровными суглинками» средней полосы Русской равнины, бассейна Дона и некоторых других районов. В настоящее время установлено, что они являются образованиями гетерогенными. Среди них есть несомненные делювиальные и делювиально-солифлюкционные отложения, развитые на склонах. Что касается сходных с ними суглинков водораздельных пространств, то некоторые геологи считают возможным относить отдельные их разности к эоловым отложениям, другие полагают, что это своеобразная разновидность флювиогляциальных осадков, отмученных мелкими струйками талых вод у края ледника. К подобного рода неясным образованиям принято применять знак «проблематичных» по генезису отложений.

Таблица 2

Сводная таблица генетических типов четвертичных отложений

Группа и парагенетический ряд		Генетический тип	Индекс	
Вулканогенные образования		Обычно выделяемые в петрографии		
Морские отложения		—	m	
Антропогенные (техногенные) отложения		—	a	
Континентальные осадочные образования	Элювиальный ряд	Элювий Почва	el pd	
	Склоновый ряд: Гравитационные отложения (коллювий)	Обвальные и осыпные накопления Оползневые накопления Солифлюкционные накопления	gr dp df, s	cl
		Делювий	dl	
	Ряд отложений русловых водных потоков	Аллювий Пролювий	al pl	
	Ряд озерных отложений	Озерные отложения в целом Химические осадки (соли)	l ch	
	Органогенные болотные отложения	Торфяники	h	
	Ледниковый ряд	Ледниковые отложения (моренны) Флювиогляциальные отложения Лимногляциальные отложения	gl fgl lgl	
	Эоловый ряд	Эоловые пески Эоловый лёсс	ae-s ae-ls	ae
Смешанные генетические типы		Элювиально-делювиальные отложения Делювиально - солифлюкционные отложения Делювиально - пролювиальные отложения Делювиально-аллювиальные отложения Аллювиально - пролювиальные отложения Аллювиально-озерные отложения	eld dls dpl ald alp lal	
Отложения проблематического генезиса			pr	

ОСОБЕННОСТИ КАРТИРОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПОЛЕ

Требования, предъявляемые к топографической основе

Тесная взаимозависимость четвертичных отложений и геоморфологических элементов заранее определяет необходимость иметь при картировании четвертичного покрова топографическую основу с возможно более

точным изображением рельефа. Идеальной топографической основой является карта в горизонталях, составленная путем аэрофотосъемки. При ее отсутствии приходится пользоваться обычной картой в горизонталях, основанной на наземной топографической съемке, дополняя ее, по возможности, первичными аэрофотоматериалами — контактными отпечатками и фотосхемами. При наличии последних можно получить карту четвертичных отложений значительно более высокого качества.

Требования к топографической основе не зависят от масштаба геологической съемки, так как даже при относительно мелкомасштабных работах (1 : 200 000 и 1 : 500 000) картировать в поле четвертичные отложения необходимо по карте в горизонталях возможно более крупного масштаба (1 : 25 00—1 : 100 000).

Если имеются контактные отпечатки по району, но нет карты в горизонталях нужного масштаба, добиться хороших результатов картирования трудно, так как при перенесении границ с контактной печати на карту получаются значительные искажения контуров.

Составление опорного и сводного разрезов четвертичных отложений

Приступая к геологической съемке четвертичных отложений какого либо района, прежде всего необходимо получить представление об основных стратиграфических подразделениях четвертичного покрова, развитого в районе, и нормальной их последовательности. В отличие от коренных, по преимуществу морских отложений, нормальный разрез которых заключается в последовательном налегании более молодых осадков на более древние, для четвертичных отложений характерно прислонение относительно более молодых отложений к более древним. При этом даже при ненарушенном залегании первые обычно занимают более низкое гипсометрическое положение, приурочиваясь, соответственно, к более молодым элементам рельефа. Особенно наглядно такие соотношения проявляются в речных долинах.

Лишь в районах обширных аккумулятивных равнин и депрессий наблюдается нормальное наслоение четвертичных осадков, конечно, только в пределах водораздельных пространств.

Поэтому для составления местной стратиграфической схемы и выяснения стратиграфических соотношений отдельных генетических типов четвертичных отложений изучаемого района необходимо отыскать такие участки, где покров четвертичных отложений достигает наиболее широкого развития и где связь его с современным рельефом выступает наиболее ярко.

Такие участки чаще всего приурочены к районам расширения крупных долин, в которых отмечается полное развитие речных террас с достаточно мощным покровом аллювия.

Строение четвертичных отложений, слагающих междуречные поверхности на равнинах, вскрывается, как правило, в береговых обрывах, подмываемых рекой в вершинах наиболее крупных излучин. Нередко обнажению придолинной части водоразделов способствуют оползневые явления. Для обнаружения таких участков в целях составления опорных разрезов четвертичной толщи следует перед началом полевых работ тщательно отдешифрировать под стереоскопом аэрофотоматериалы по району съемки. Значительную помощь в решении этой задачи оказывает также предварительный облет района на самолете.

Однако не всегда удается найти достаточно хорошие естественные обнажения для составления полного разреза четвертичных отложений, слагающих не только междуречья, но и высокие террасы. В таких случаях

для составления опорного разреза необходимо использовать материалы по имеющимся в районе буровым скважинам. При отсутствии таких скважин следует проводить бурение силами геолого-съемочной партии, что должно быть предусмотрено проектом.

Для составления сводной стратиграфической схемы и выяснения соотношений основных стратиграфических подразделений и генетических типов четвертичных отложений, подлежащих картированию, необходимо, кроме изучения опорных разрезов в районах мощного накопления четвертичных отложений и хорошего развития речных террас, учитывать «черепитчатое» строение четвертичного покрова.

Отмеченная выше особенность залегания четвертичных осадков путем прислонения более молодых к более древним характерна преимущественно для долинных образований (аллювий вложенных и прислоненных террас, пролювий вложенных конусов выноса, морены на плечах и днищах сложных трогов и т. п.). На широких пространствах ледниковых и зандровых равнин, в районах эоловых накоплений, на молодых и вулканических плато нормальное последовательное налегание более молодых отложений на более древние осложняется неравномерностью распространения разновозрастных образований. Нередко толща или горизонт пород, отвечающих какому-либо этапу формирования четвертичного покрова, перекрывают породы предыдущего этапа не на всей площади их распространения. Особенно характерно подобное черепитчатое налегание для ледниковых отложений равнин. При уменьшении размеров каждого последующего оледенения после максимального (днепровского — на Русской равнине), в зоне распространения наиболее молодого оледенения, в нормальном разрезе четвертичного покрова, можно встретить последовательное напластование морен всех предшествующих оледенений и разделяющих их межморенных осадков, увенчанных мореной самого позднего оледенения. В зоне, расположенной между южной границей последнего оледенения и границей распространения предыдущего, число моренных горизонтов в нормальном разрезе будет соответственно меньше и т. д.

Конечно, действительная картина оказывается значительно сложнее, так как каждое последующее оледенение ведет к уничтожению на значительных участках отложенных ранее осадков. Однако общая схема черепитчатого наложения одних стратиграфических горизонтов на другие сохраняет свое значение и должна учитываться при составлении сводной схемы стратиграфических соотношений выделяемых и картируемых напластований.

Следует добавить, что при всех сопоставлениях необходимо для разработки местной стратиграфической шкалы, помимо указанных особенностей залегания, учитывать ряд геоморфологических признаков.

В северных районах эти признаки помогают выделить зоны распространения ледниковых и флювиогляциальных отложений того или иного оледенения с отвечающим каждой зоне типом разреза. При этом учитывается главным образом свежесть аккумулятивных форм рельефа краевых образований, степень их преобразования последующими процессами денудации.

Менее отчетливо проявляется черепитчатое строение четвертичных отложений во внеледниковых районах.

Все же черты его улавливаются и в зонах развития многоярусного покрова лёсса, и в области навеянных эоловых песчаных накоплений, и в районах молодых вулканических излияний, где разновозрастные вулканические покровы и потоки, накладываясь друг на друга, могут занимать различные ареалы.

Отмеченные особенности залегания четвертичных отложений — их тесная взаимосвязь с современным рельефом и рельефом коренного ложа,

прислонение и более низкое гипсометрическое положение молодых горизонтов по отношению к более древним, черепитчатое наложение разновозрастных осадков при нормальной последовательности их аккумуляции — обусловливают сложность построения их сводной стратиграфической колонки. Поэтому целесообразно заменять последнюю стратиграфической схемой, на которой следует показывать соотношение выделенных стратиграфических подразделений, генетических и литолого-фациальных типов осадков с основными элементами рельефа.

Такие схемы обычно приходится составлять для каждого участка картируемого планшета, отличающегося какими-либо особенностями строения четвертичного покрова, так как на одной схеме отразить их, как правило, не удается. Так же как и на стратиграфических колонках, на схемах сохраняется лишь вертикальный масштаб, т. е. мощность различных горизонтов; горизонтальный масштаб берется произвольный.

Составление достаточно полной стратиграфической схемы для всего района или его части в начале полевых работ не всегда удается. Обычно после изучения основных опорных разрезов строится предварительная рабочая схема, которая затем в процессе картирования уточняется и дополняется.

Распределение маршрутов и точек наблюдения

Картирование четвертичных отложений требует несколько иного подхода к выбору маршрутов, чем при съемке коренных пород. Обнажения тех и других чаще всего приурочены к берегам рек, но если коренные породы по простиранию могут протягиваться, путем интерполяции, и через водоразделы, то четвертичные отложения, залегающие в придолинной части и на водораздельных плато и грядах, вследствие пестроты состава, невыдержанности залегания и тесной зависимости от рельефа, обычно резко различаются как по генезису, так и по литологии и возрасту. Поэтому, помимо основных маршрутов по долинам рек, для изучения четвертичного покрова необходимо делать пересечения всех водоразделов. Густота маршрутов, естественно, зависит от масштаба съемки. Так как в равнинах, да и в горных странах, водоразделы большей частью очень плохо обнажены и в то же время нередко несут сплошной покров четвертичных образований, изучение и картирование их здесь может быть осуществлено лишь путем проведения достаточно густой сети искусственных выработок (шурфов и неглубоких буровых скважин).

Количество точек наблюдения на единицу площади съемки для составления кондиционных геологических карт предусматривается в соответствующих инструкциях. Учитывая упомянутую выше специфичность четвертичных отложений, нельзя применять «точечный» метод съемки, заключающийся в равномерном размещении точек наблюдений по картируемой площади.

Распределение скважин, шурфов и закопушек при пересечении водоразделов и на склонах долин должно производиться не механически, а целенаправленно, исходя из стремления выявить все изменения в покрове четвертичных отложений наименьшим количеством выработок. Для этого необходимо внимательно отмечать все изменения рельефа и ряд других признаков, указывающих на смену покровных пород (характер растительности, цвет почвы, микрорельеф и т. п.). Расстояния между шурфами или скважинами могут сильно варьировать. Так, например, при пересечении водораздела от одной реки до другой следует задавать выработки (при отсутствии естественных обнажений) на каждой террасовой ступени, на каждом перегибе склона и на водоразделе. При этом в придолинной части (особенно в случае значительного числа террас) точки выработок сгущаются, тем более что нередко бывает необходимо вскрыть приречную,

среднюю и нагорную (тыловую) часть каждой террасы. На водораздельных плато, при отсутствии заметных изменений рельефа и других признаков, указывающих на смену четвертичных отложений, выработки можно располагать значительно реже.

Лишь при детальных работах на небольших участках допустимо равномерное распределение выработок по провешенным линиям на определенных, достаточно коротких расстояниях (100—200 м).

Изучение обнажений

При плохой обнаженности четвертичных отложений их картирование по естественным выходам оказывается недостаточным. Помимо применения мелких горных работ, о которых говорилось выше, необходимо использовать для изучения все обычно имеющиеся в более или менее освоенных районах искусственные выработки: колодцы, карьеры, кирпичные ямы, придорожные канавы и т. п.

Для изучения и описания каждого естественного или искусственного обнажения требуется предварительная его расчистка, так как рыхлость четвертичных пород всегда ведет к осыпанию или оплыванию верхних горизонтов разреза и закрытию осыпавшимся материалом нижних частей обрыва. Расчистку удобнее всего производить в форме вертикальной ступенчатой траншеи или канавы, сверху вниз по обрыву. При проходке такой траншеи вынимаемый материал необходимо отбрасывать в сторону, чтобы не увеличивать мощность осыпи, закрывающей основание обрыва. Глубина траншеи (или канавы) зависит от мощности осыпного или смещенного материала. Убедиться в том, что траншея вскрыла напластования рыхлых отложений в несмещенном залегании, можно, наблюдая загибы слоев вниз по склону, на боковой стенке траншеи.

При описании обнажения необходимо отмечать, к какому элементу рельефа оно приурочено (к бровке, средней или тыловой части той или иной террасы, к склону долины или водораздельному плато, к конечной морене и т. п.), и установить возможно точнее его гипсометрическое положение.

Малая мощность и быстрая изменчивость четвертичных отложений требуют значительно большей детальности описания их разрезов по сравнению с коренными породами. Необходимо тщательно выделять и описывать все даже самые тонкие слои, прослои и линзы, указывающие на изменение механического состава, окраски, характера слоистости, включений и т. п. Особое внимание следует уделять изучению и описанию характера границ между отдельными слоями (резкая, расплывчатая, волнистая, один слой вдается карманами в другой и т. п.), размерам, степени окатанности, характеру распределения и ориентировки валунов, галек и другого обломочного материала. Все эти признаки помогают, как было отмечено выше, определению генетического типа отложений и установлению стратиграфических взаимоотношений.

Наблюдения за характером четвертичных отложений между обнажениями и установление геологических границ

Неоднократно отмечавшаяся невыдержанность четвертичных отложений как по разрезу, так и по простиранию, при тесной зависимости от рельефа, обусловливает необходимость не ограничиваться во время полевых работ описанием естественных и искусственных обнажений, но вести тщательные наблюдения на всем протяжении маршрутов. Не говоря уже об обязательности фиксирования всяких, хотя бы и незначительных изме-

нений в рельефе (уступы, перегибы, замкнутые мелкие и крупные впадины, ложбины, воронки, бугристость и т. д.), необходимо обращать внимание на изменения растительного и почвенного покрова, выбросы из кротовин и сурчин, характер поверхности полей и огородов (в населенных районах), вывороты корней упавших деревьев (так называемые искори), лежки диких животных (кабанов и др.), т. е. на все признаки, указывающие, непосредственно или косвенно, на изменение покровных отложений. Одновременно следует описывать и общий характер ландшафта и рельефа на данном отрезке маршрута, что важно не только для картирования четвертичных отложений, но и для составления геоморфологической карты и очерка.

Как только геолог замечает какой-либо из указанных признаков, он должен выяснить, связано ли с этим изменение в характере отложений. Если естественных обнажений и «микрообнажений» (сурчин, искори и т. п.) для этого недостаточно, необходимо заложить шурф или вырыть закопушку. Установив место смены отложений по маршруту, надо проследить протяжение граничной линии в стороны от маршрута, пользуясь теми же признаками и закопушками.

При достаточно густой сетке маршрутов и внимательном выполнении перечисленных указаний геолог имеет возможность оконтурить на карте не только основные генетические типы отложений разного возраста, но с большей или меньшей точностью выделить внутри последних площади, занимаемые отдельными литологическими разностями. Так, например, в пределах контура аллювия террасы могут наметиться площади развития галечников (русловая фация), суглинков, песков, илисто-торфяных отложений (ста́ричная фация) и т. п.

Среди ледниковых отложений могут встретиться валунные глины, валунные пески и супеси и т. д.

Таким образом, контуры генетических и стратиграфических подразделений устанавливаются в природе и наносятся на карте чаще всего по геоморфологическим признакам. Границы литологических разностей могут быть намечены лишь путем непосредственного прослеживания и изучения в естественных и, главным образом, искусственных обнажениях.

Внимательное наблюдение над микрорельефом наряду с учетом других косвенных признаков (растительность и т. п.), во-первых, помогает наиболее экономно располагать горные выработки, во-вторых, гарантирует выявление всех основных литологических разновидностей отложений. Последнее имеет особенно важное значение при поисках.

КАРТА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Несмотря на относительно небольшую продолжительность существования отложений четвертичной системы (600 000 — 1 000 000 лет) по сравнению со всеми другими системами (от 25 до 90 миллионов лет), она также подразделяется на отделы. Естественно, что абсолютная продолжительность отделов четвертичной системы будет несоизмеримой с продолжительностью отделов большинства других систем (многие миллионы и десятки миллионов лет).

Отмеченная выше сравнительная кратковременность четвертичного периода является причиной того, что понятия «отдел» и «ярус» в отношении четвертичной системы твердо еще не установлены.

В системе Министерства геологии и охраны недр СССР в настоящее время принято делить четвертичный период на четыре отдела: нижний — Q_1, средний — Q_2, верхний — Q_3 и современный — Q_4, — по комплексу

признаков, в основном по палеоклиматическим изменениям, находящим отражение в первую очередь в изменении характера осадков и флоры.

На основе этого деления составлены инструкции по геологической съемке для карт масштаба 1 : 200 000, 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000 (см. список литературы).

Четвертичный отдел Геологического института Академии наук СССР предложил положить в основу деления четвертичного периода на отделы комплексный принцип, который опирается на биостратиграфические и археологический методы. За основу стратиграфического подразделения принимаются крупные этапы в развитии органического мира, включая сюда также историю развития материальной культуры человека. С этой точки зрения четвертичный период, в его современных рамках, разделяется только на два отдела: плейстоцен и голоцен, а нижний, средний и верхний отделы схемы, принятой в системе Министерства геологии и охраны недр, рассматриваются как ярусы обычной стратиграфической шкалы. Соответственно ярусы шкалы Министерства геологии приравниваются к зонам и горизонтам (см. выше, стр. 8).

В соответствии с решениями, принятыми на XVIII сессии Международного геологического конгресса в Лондоне и на XIX сессии этого конгресса в Алжире, и в СССР поставлен вопрос о понижении границы четвертичного периода и о включении в его состав еще одного отдела — эоплейстоцена, который объединяет отложения, относимые в настоящее время к верхнему плиоцену. В связи с этим в СССР появилось предложение о переименовании четвертичного периода в антропогеновый. Таким образом, антропогеновый период подразделяется по этой схеме на три отдела: эоплейстоцен, плейстоцен и голоцен.

Независимо от того, какой подход принимать для разделения отложений четвертичной системы на отделы и ярусы, при картировании четвертичных отложений требуется применение комплекса методов для стратиграфического расчленения четвертичных отложений. Необходимо использовать все возможности биостратиграфии: изучение фауны позвоночных, фауны морских и пресноводных моллюсков, макрофаунистических остатков, плодов и семян, пыльцы и диатомей, а также остатков древней материальной культуры человека.

Кроме того, необходимо широко применять геоморфологический, литологический и палеопедологический (ископаемые почвы) методы, а как подсобный также гидрогеологический метод. Эти методы приобретают большее значение при дробном разделении четвертичной толщи на зоны, горизонты и слои.

В последнее время все большее значение приобретают методы определения абсолютного возраста отложений.

Охарактеризовав общие установки, которые кладутся в основу съемки четвертичных отложений, перейдем к краткой характеристике принципов построения современных легенд для общих и специальных карт четвертичных отложений и дадим образец легенды, а также изложим правила индексации.

На общих геологических картах масштаба 1 : 200 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000 и мельче для отложений всех систем выдерживается возрастной принцип. При этом отложения четвертичной системы показываются одной краской — серой или желтовато-серой, возраст — оттенками этой краски, а генезис (фации) четвертичных отложений — штриховыми значками.

На картах четвертичных отложений принято красками показывать генезис отложений, а оттенками цвета — их возраст (стратиграфическое положение).

Таким образом, один и тот же отдел четвертичной системы обозначается различными красками в зависимости от входящих в него генетических типов; при этом самые древние генетические типы отложений в каждом отделе обозначаются наиболее темным оттенком, самые молодые — наиболее светлым. Такой принцип построения легенд четвертичных карт обусловлен большим разнообразием генетических типов четвертичных отложений и связанных с ними форм рельефа. Обычно выделяется не менее 20 основных генетических типов четвертичных отложений, среди которых могут быть дополнительно выделены разнообразные более дробные генетические подразделения, нередко имеющие большое народнохозяйственное значение.

Легенда специальной карты четвертичных отложений, составленной на описанной выше генетическо-стратиграфической основе, подробно разработана для сводных карт и начиная с 1932 г. используется в практике геолого-съемочных работ.

На фиг. 6 приводится образец легенды с индексами для специальных карт четвертичных отложений, составленных на этой основе, применимый для карт различных масштабов.

На картах масштаба 1 : 500 000 и крупнее, кроме генезиса и возраста, показываются также основные литологические типы четвертичных отложений при помощи черных или серых штриховых обозначений (фиг. 7).

Такой генетическо-стратиграфический принцип построения карт отличается от стратиграфического, на основе которого составляются все геологические карты дочетвертичных пород.

В настоящий момент еще нет подробно разработанной общепринятой цветной легенды для карт четвертичных отложений различных масштабов, построенной на стратиграфической основе, где цветом был бы обозначен возраст и одновременно показаны все разнообразные генетические типы отложений. Поэтому пока при составлении карт пользуются приведенной выше генетическо-стратиграфической легендой.

Таким образом, строго говоря, составляемые в настоящее время четвертичные карты представляют собой карты генетических типов четвертичных отложений, расчлененных по возрасту.

В настоящее время стоит задача составления наряду с генетическими картами также детальных карт четвертичных отложений, построенных на основе обычного стратиграфического принципа, т. е. таких карт, на которых красками показываются возрастные подразделения, а цветной штриховкой — генетические типы отложений.

Кроме красочных контуров, возраст и генезис обозначаются на картах и в легендах индексами, которые составляются согласно утвержденным правилам индексации стратиграфических и геохронологических подразделений.

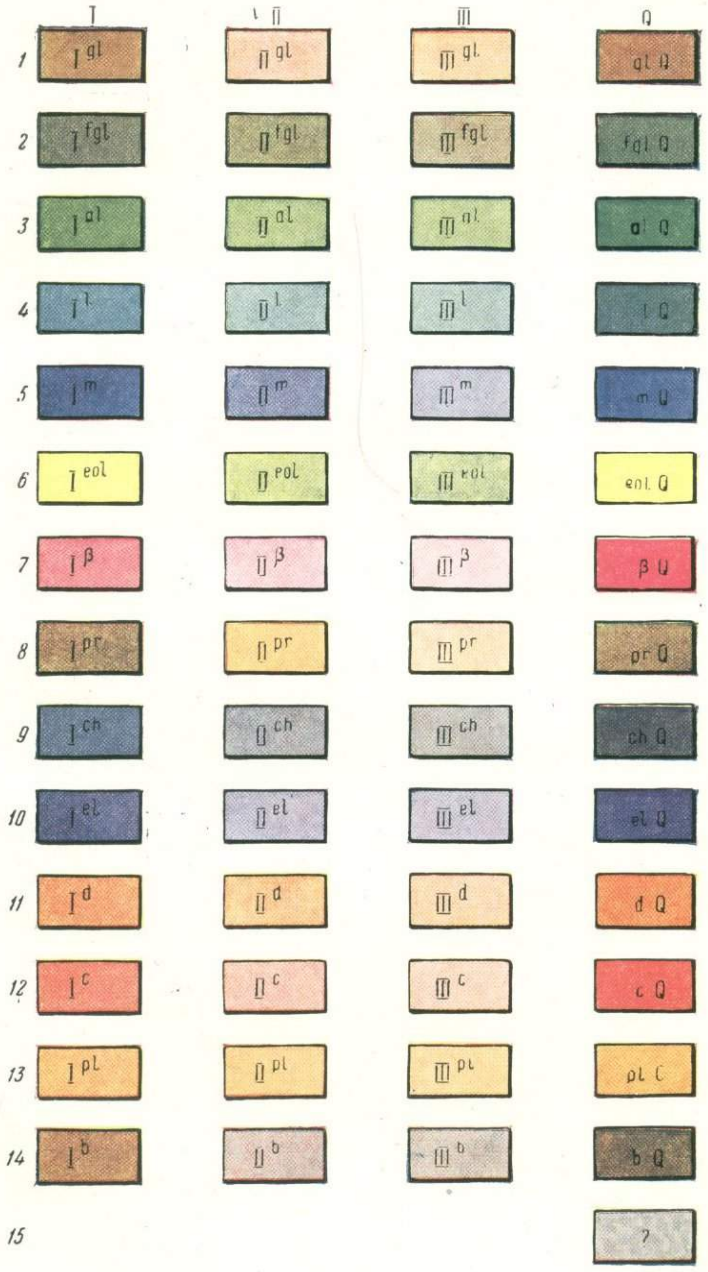
До 1954 г. отделы четвертичной системы обозначались римскими цифрами. Теперь, в целях унификации всей стратиграфической шкалы, для обозначения отделов всех систем приняты арабские цифры, которые ставятся внизу справа от индекса.

Для карты четвертичных отложений масштаба от 1 : 100 000 до 1 : 1 000 000, согласно инструкции по геологической съемке Министерства геологии и охраны недр от 1955 г., возрастное расчленение производится до отдела.

Таким образом, принимаются следующие обозначения отделов четвертичной системы: Q_1, Q_2, Q_3, Q_4.

Слева от индекса Q ставится латинскими буквами индекс генетических типов четвертичных отложений, например: gl Q, al Q и т. п.

Для всех остальных систем на геологических картах масштаба 1 : 100 000 и 1 : 200 000, согласно инструкции Министерства геологии и

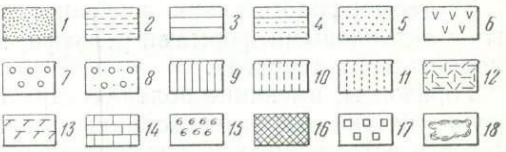


Фиг. 6. Легенда специальной карты четвертичных отложений, построенной по генетическому принципу:

I — эоплейстоцен; II — плейстоцен; III — голоцен; Q — четвертичные отложения нерасчлененные.

1 — ледниковые отложения; *2* — флювиогляциальные отложения; *3* — аллювиальные и аллювиальноозерные отложения; *4* — озерные отложения; *5* — морские отложения; *6* — эоловые отложения; *7* — вулканические отложения; *8* — проблематические отложения; *9* — химические отложения (соли и туфы); *10* — элювиальные отложения; *11* — делювиальные отложения; *12* — коллювиальные отложения; *13* — пролювиальные отложения; *14* — отложения грязевых вулканов; *15* — неисследованные области

охраны недр СССР, расчленение осадочных и вулканогенных, а также метаморфических пород производится не менее чем до яруса. В связи с этим отметим, что если принять стратиграфическую схему подразделения четвертичного периода, предлагаемую четвертичным отделом Геологического института Академии наук СССР, т. е. делить антропогеновый период на три отдела (голоцен, плейстоцен и эоплейстоцен), а нижний, средний и верхний отделы схемы, принятой в системе Министерства геологии и охраны недр, рассматривать как ярусы, то и на картах четвертичных отложений, как и на всех других геологических картах масштаба *1 : 100 000* и *1 : 200 000*, можно будет показывать четвертичные отложения, разделенные до ярусов. При этом не исключена возможность, при переходе к крупномасштабным съемкам, выделять более дробные единицы, соответствующие зонам и горизонтам, что согласуется с принятым в 1956 г. Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР определением яруса как известного этапа геологического развития всей Земли или значительной ее части. Объем и границы яруса устанавливаются совокупностью геологических и палеонтологических признаков, отражающих соответствующую стадию развития органического мира. Это выражается в присутствии в осадках яруса руководящего комплекса ископаемых остатков организмов с типичными для данного яруса и только ему свойственными родами, подродами и группами видов. Под названием «ярус», как правило, должны выделяться отложения повсеместного или весьма широкого развития, содержащие комплексы географически широко распространенных организмов.



Фиг. 7. Литологические обозначения:

1 — песок; *2* — супесь; *3* — суглинок и глина; *4* — комплекс перемежающихся песков и глин; *5* — галечники и валуны; *6* — щебень и россыпи; *7* — валунный суглинок и валунный мергель; *8* — валунный песок; *9* — лёсс; *10* — лёссовидный суглинок и глина; *11* — лёссовидная супесь; *12* — торф; *13* — мергель; *14* — известняк; *15* — рыхлый ракушечник; *16* — туф известковый; *17* — соли; *18* — лед и ледники

«В четвертичной системе под название «ярус» могут выделяться осадки, соответствующие обычно одному оледенению плюс межледниковье. Границы такого яруса определяются характером изменений в составе осадков и в организмах, которые в основном связаны с изменениями климата, развитием органического мира, человека и его материальной культуры» [1].

Такое определение понятия «ярус» вполне отвечает ярусам схемы, предложенной четвертичным отделом Геологического института Академии наук СССР, а в схеме, принятой Министерством геологии и охраны недр СССР, эти подразделения фигурируют под названием отделов. Это лишает возможности проводить выделение ярусов на широких территориях внеледниковых областей, как того требует инструкция. Однако до утверждения новой схемы при кондиционной съемке следует пользоваться схемой Министерства геологии (см. стр. 9).

Более дробное и четкое подразделение на зоны и горизонты в четвертичных отложениях не может быть проведено.

Во всяком случае это стратиграфические единицы пятого и шестого порядка, которые желательно, но не обязательно выделять на геологических картах четвертичных отложений. Это подразделения местного, регионального характера, и выделяются они на основании следующих признаков:

[1] См. «Стратиграфическая классификация...»

1) литологических особенностей, отражающих фациальные или климатические изменения, например ледниковья или межледниковья, могут рассматриваться как зоны, ледниковые стадии или интерстадиалы — как горизонты. Сюда же могут быть отнесены и гляциально-озерные осадки (ленточные глины) и пр.;

2) особенностей биоценозов, характеризующих только данный, сравнительно короткий отрезок времени, например так называемая «смешанная» рисс-вюрмская фауна и флора или холоднолюбивая мадленская фауна, для морских бассейнов — узунларская фауна, карангатская фауна и т. д.;

3) геоморфологических особенностей, например, отложения, связанные с ледниковыми формами рельефа, морскими или речными террасами (карангатская терраса).

Горизонты, имеющие большое стратиграфическое значение, например, фаунистически охарактеризованные межледниковые отложения, обнажающиеся в естественных и искусственных разрезах, показываются на карте независимо от того, выражаются ли выходы в масштабе карты или нет, и вне зависимости от мощности горизонта.

Размеры контуров в этом случае должны быть не менее 1,5×2 мм.

Во всех случаях желательно отделить комплекс моренных и флювиогляциальных отложений от межморенных отложений, а также выделить слои, имеющие важное стратиграфическое значение, или такие, с которыми связаны те или иные полезные ископаемые (например, слои золотосодержащих песков, строительных глин, стекольных песков, диатомитов, сидеритов, а в условиях полупустынь также слои водоносных горизонтов с пресной водой).

На картах всех масштабов по возможности необходимо датировать возраст морских и речных террас (при невозможности выделить отдельные террасы возраст указывается для комплекса террас). Следует отметить, что с ними же часто связаны россыпные месторождения полезных ископаемых. Отсюда вытекает необходимость возможно точнее датировать и оконтуривать речные и морские террасы на картах четвертичных отложений. На них также выделяются все основные генетические типы отложений, при условии, что выходы их занимают на карте данного масштаба площадь не менее 4 мм^2.

Наряду с перечисленными элементами, на картах четвертичных отложений специальными цветными значками обозначаются некоторые, преимущественно аккумулятивные формы рельефа, сложенные четвертичными отложениями, в особенности ледниковые (конечные морены, холмисто-моренные краевые образования, друмлины), водно-ледниковые (камы, камовые террасы, озы и зандры, ложбины стока талых ледниковых вод), морские и речные террасы, эоловые отложения (дюны, барханы и т. д.), мерзлотные и темнокарстовые образования (крупные булгунняхи и ласы), грязевые вулканы, а также действующие и потухшие вулканы, крупнейшие эрозионные и тектонические уступы, наконец, показываются современные ледники и оконтуриваются площади распространения ископаемого льда (фиг. 8 и 9).

На картах крупного масштаба дополнительно наносятся крупные береговые валы, боковые морены ледников, крупные каменные реки, курумы и т. п.

Контурами на всех картах четвертичных отложений, независимо от их масштаба, показываются границы оледенений, трансгрессий и вечной мерзлоты (сплошной и островной).

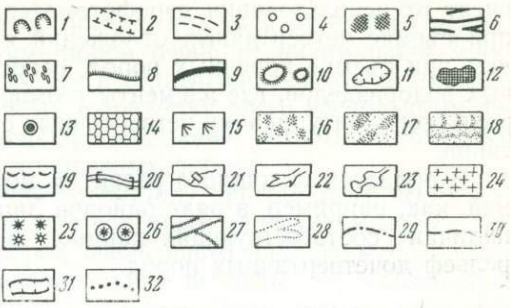
Особыми значками отмечаются важнейшие пункты находок фауны и флоры и места палеолитических стоянок. Иногда, когда это позволяет нагрузка карты, наносятся изолинии неотектонических движений.

На картах четвертичных отложений показываются те отложения, которые залегают на поверхности и слагают формы рельефа. В тех случаях, когда на поверхности залегают маломощные и не повсеместно развитые отложения, не имеющие существенного стратиграфического значения, на картах показываются нижележащие осадки.

Более древние горизонты четвертичных отложений, обычно обнажающиеся только по долинам рек, показываются на картах узкими полосами вдоль эрозионных линий. В этих случаях, в зависимости от масштаба, допустимо некоторое преувеличение размеров выходов с целью обеспечения лучшей читаемости карты.

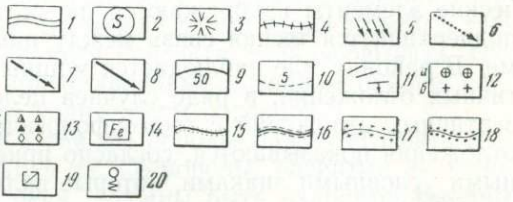
К картам четвертичных отложений прилагаются стратиграфические колонки. Наряду с этим, учитывая разнообразие генетических типов одновозрастных отложений, рекомендуется составлять сводную стратиграфическую схему по району съемок в виде обобщенного профиля, отражающего взаимоотношения разнообразных горизонтов внутри толщи четвертичных отложений (фиг. 10), что не исключает необходимости составления для четвертичных отложений геологических профилей обычного типа, проведенных через опорные разреры обнажений и буровых скважин.

Ввиду пестроты состава и быстрой смены континентальных четвертичных отложений в плане большое значение приобретает возможно точное изображение контуров на картах четвертичных отложений. Это во многих случаях облегчается тем, что границы распространения отложений различных генетических типов одновременно



Фиг. 8. Геоморфологические обозначения:

1 — *кары*; *2* — *троги*; *3* — *ложбины* стока талых ледниковых вод; *4* — холмисто-моренный ландшафт; *5* — камы; *6* — конечные береговые и фронтальные морены и озы; *7* — друмлины; *8* — главнейшие террасовые уступы; *9* — чинки (уступы); *10* — останцы; *11* — безотточные котловины; *12* — большие морозные трещинные полигоны; *13* — булгунняхи; *14* — такыры; *15* — конусы выносов и сухие дельты; *16* — бугристые пески; *17* — грядовые пески; *18* — одиночные барханы; барханные цепи; *19* — дюны; *20* — эпигенетические участки долин; *21* — висячие долины; *22* — овраги; *23* — вади; *24* — карстовые области; *25* — потухшие и действующие вулканы; *26* — грязевые вулканы; *27* — береговые валы; *28* — песчаные рифы; *29* — затопленные береговые линии; *30* — затопленные тальвеги речных долин; *31* — подводные фиорды; *32* — границы морских проливов



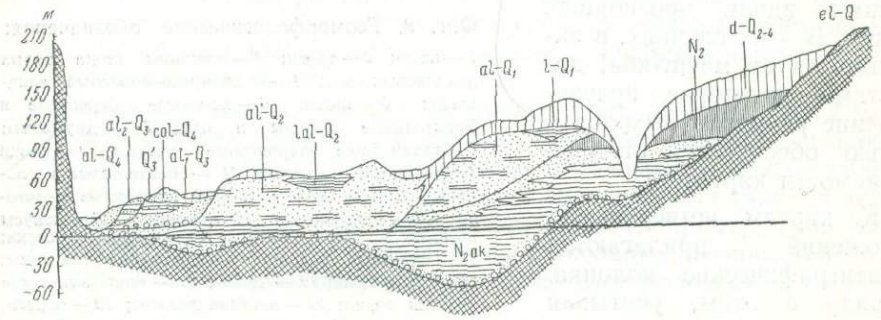
Фиг. 9. Специальные обозначения:

1 — граница оледенения; *2* — крупные гляциодислокации; *3* — крупные ледниковые отторженцы; *4* — ледораздел последнего оледенения; *5* — ледниковые шрамы.

Линии, соединяющие исходные и конечные пункты разноса валунов: *6* — древними ледниками; *7* — средними ледниками; *8* — новыми ледниками; *9* — анабазы и *10* — катабазы — изобазы; *11* — тектонические линии; 12,*а* — главные места находок четвертичной фауны, *б* — главные места находок четвертичной флоры; 13,*а* — нижнепалеолитические стоянки, *б* — верхнепалеолитические стоянки, *в* — мезолитические стоянки; *14* — месторождение озерных железных руд; *15* — золотоносная россыпь; *16* — платиноносная россыпь; *17* — россыпь драгоценных камней; *18* — россыпь тяжелых рудных минералов; *19* — каменоломня и карьер; *20* — водный источник

являются границами распространения типов и форм рельефа, которые отчетливо выделяются на аэрофотоснимках. Таким образом, степень детальности контуров и вместе с тем качество съемки в значительной мере зависят от использования аэрофотоматериалов, а применение аэрометодов при съемке четвертичных отложений является еще более обязательным, чем при съемке коренных пород, особенно в пределах слабо обнаженных водоразделов, где элементы геоморфологии часто играют решающую роль при оконтуривании четвертичных отложений различных генетических типов.

В областях сплошного развития мощных толщ четвертичных отложений, как, например, в ряде районов Западно-Сибирской низменности, при наличии соответствующих данных может быть показан изолиниями рельеф дочетвертичных пород.



Фиг. 10. Сводная по району стратиграфическая схема четвертичных и неогеновых отложений (по Н. И. Николаеву)

При картировании четвертичных отложений, как отмечалось выше, широко применяется геоморфологический метод, а некоторые морфологические элементы изображаются на картах четвертичных отложений, чем подчеркивается тесная связь между ними и геоморфологическими картами. В районах, где наблюдается мощный, но не сплошной покров четвертичных отложений, в ряде случаев целесообразно совмещение карт четвертичных отложений с геоморфологическими. При этом четвертичные отложения показываются, согласно приведенной выше легенде, специальными условными знаками, которые включаются в легенду геоморфологической карты наряду с литологическими значками, в виде отдельного ее раздела.

Главным объектом изображения на любой геоморфологической карте является современный рельеф земной поверхности, охарактеризованный со стороны морфологии, генезиса и возраста.

Однако в настоящее время нет единых требований в отношении методики составления геоморфологических карт, их конкретного содержания и распределения изобразительных средств между отдельными разделами легенды.

Важно отметить, что, в отличие от карт четвертичных отложений, на геоморфологических картах показывается генезис всех форм рельефа, вне зависимости от их размеров, происхождения и возраста, а не только аккумулятивные и эрозионные формы четвертичного возраста.

ВЗЯТИЕ ОБРАЗЦОВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ПОРОД ИЗ ОБНАЖЕНИЙ, ШУРФОВ И БУРОВЫХ СКВАЖИН

Особенностью четвертичных пород обычно является их слабая цементация — рыхлость и, наряду с этим, порой очень незначительная мощность. Так, мощность некоторых важных в стратиграфическом отношении горизонтов четвертичной толщи иногда измеряется всего несколькими дециметрами. Эти особенности определяют требования, которые необходимо соблюдать при взятии образцов четвертичных пород.

При взятии образцов в обнажениях съемщику прежде всего необходимо убедиться в том, что он имеет дело с коренным залеганием пород, так как в обнажениях четвертичных пород очень часто наблюдаются оползневые явления или развиваются делювиальные шлейфы, перекрывающие коренной склон. Вторым требованием является безусловная гарантия чистоты взятия образцов, что достигается зачисткой стенки обнажения непосредственно перед взятием образцов и отбор их снизу вверх, что гарантирует от заноса материала из верхних горизонтов.

При взятии образцов необходимо каждый раз очищать лопату или кайло от налипших кусков породы, учитывая, что даже небольшая примесь породы из другого горизонта оказывает влияние на достоверность тех или иных анализов, особенно пыльцевых, диатомовых, минералогических, а это, в свою очередь, может повлечь за собой путаницу в стратиграфических определениях.

При описании обнажения и взятии образцов следует обращать особое внимание на изменение характера пород в разрезе; совершенно необходимо брать образцы всех выделяющихся в обнажении горизонтов, причем при большой мощности одного горизонта недостаточно брать из него один образец: следует иметь образцы из верхней, средней и нижней частей горизонта. Это особенно относится к мощным горизонтам морены, состав галечно-валунной части которой и шлиха часто существенно меняется, в то же время общий характер породы при визуальном осмотре сохраняется. Совершенно необходимо брать образцы из слоя, расположенного выше и ниже резко выраженного контакта между двумя горизонтами, а также подробно описывать характер самого контакта и зарисовывать его.

Четвертичные породы, широко представленные в данном районе, следует охарактеризовать достаточным количеством образцов.

При взятии образцов из одной и той же породы надо учитывать геоморфологическую обстановку. Одни и те же породы, развитые на водоразделе, на склоне или в долине реки, должны быть охарактеризованы отдельными образцами. Образцы берутся размером не менее 6×9×4 см, а из опорных обнажений 9×12×6 см.

Из плотных пород надо вырезать образцы правильной параллелепипедальной формы и плотно упаковывать их в бумагу или, лучше, в восковку или пропитанный парафином матерчатый мешочек, что гарантирует сохранность текстуры всех глинистых, суглинистых и супесчаных пород и даже уплотненных иловатых песков.

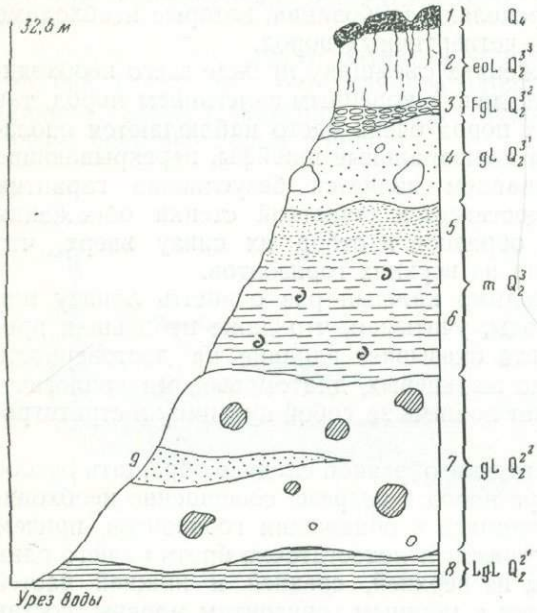
Из песчаных пород желательно отбирать монолиты с ненарушенной текстурой путем вдавливания в зачищенную стенку обнажения жестяных коробок небольшого размера.

В 1948 г. К. К. Орвику предложил метод взятия монолитов четвертичных пород с ненарушенной структурой. Для этого свежую зачищенную стенку обнажения пропитывают раствором целлоидина в ацетоне и накладывают на нее полосу брезента. После того как брезент приклеится к пропитанной раствором породе, его отдирают и осторожно сворачивают в в трубочку. На обратной стороне остается тонкий слой породы с сохранившейся структурой.

Упомянутый метод применим главным образом к сухим глинистым или тонкопесчаным отложениям.

Из шурфов образцы берутся с соблюдением тех же правил, которые должны соблюдаться при взятии образцов из обнажений.

Рыхлость четвертичных отложений и приуроченность к ним водоносных горизонтов затрудняют взятие керна четвертичных отложений из буровых скважин обычным путем, что дает, прежде всего, неверное представление о мощности отдельных горизонтов четвертичной толщи, проходимой скважинами, а нередко ведет к выпадению отдельных горизонтов или слоев, в особенности мелкозернистых плывунов. Кроме того, при бурении часто нарушается первичная структура отложений, а если порода состоит из мелкоземистой части с включением отдельных крупных валунов, как, например, морена и некоторые типы флювиогляциальных и озерно-гляциальных отложений, валунный материал может совершенно отсутствовать в керне, что создает искаженное представление об истинном характере отложений.



Фиг. 11. Характерные особенности четвертичных отложений:

1 — торф, разбитый ледяными клиньями; *2* — лёссовидный суглинок, обладающий столбчатой отдельностью; *3* — галечник; *4* — валунная супесь (морена); *5* — косослоистые пески с гравием; *6* — горизонтально-слоистые суглинки с остатками морской фауны; *7* — валунный суглинок (морена) с валунами иного состава, чем в верхнем горизонте морены; *8* — ленточные глины; *9* — линза песка в морене

В этом отношении наиболее благоприятным является взятие керна так называемыми «стаканами», когда не применяется промывка глинистым раствором.

Методика взятия образцов для специальных целей приводится в соответствующих разделах настоящего руководства.

В заключение следует указать на необходимость при описании обнажений, шурфов и скважин точно фиксировать географическое и геоморфологическое положение точки и по возможности указывать абсолютные отметки устья буровых скважин, шурфов, бровки и подножия обнажения. Одновременно необходимо отмечать азимут стенки разреза. Документация и зарисовка обнажений четвертичных пород производятся согласно общим правилам геологической документации для рыхлых пород, описанным в руководствах по полевой геологии (см. список литературы). Следует, однако, подчеркнуть следующие требования, предъявляемые к документации и зарисовкам обнажений четвертичных пород.

1. Разрез четвертичных отложений должен быть тесно увязан с формами рельефа, так как эта связь в целом ряде случаев определяет правильное генетическое истолкование как форм рельефа, так и самих отложений. Примером этого являются конечные морены, камы, озы, дюны, карстовые и термокарстовые формы.

2. Вследствие малой измененности и уплотненности четвертичных отложений по сравнению с более древними, в них часто сохраняются первоначальная или близкая к ней мощность горизонтов и первоначальный наклон слоев. Необходимо тщательно фиксировать и точно, без искажения, отражать на зарисовках наблюдаемые наклоны и изгибы слоев, что имеет большое значение для выяснения динамики процесса и закономерностей формирования осадков.

При зарисовке разреза изображение отдельных горизонтов должно по мере возможности отражать истинный характер данных отложений и их контакта. Так, например, ленточные глины изображаются в виде горизонтальной штриховки, пески — точками, с передачей характера слоистости (волнистой, косой, перемежающейся), породы с изображением столбчатой отдельности — вертикальной штриховкой, торф показывается сплошной заливкой. Не допускается применение отвлеченных условных значков, не отражающих природных особенностей породы, например перекрещивающейся штриховки, крестиков. На фиг. 11 приводится изображение зарисовки обнажения четвертичных образований.

Литература

Апродов В. А. Геологическое картирование. М., Госгеолиздат, 1952.

Вебер В. Н. Методы геологической съемки. Л.—М., ОНТИ, 1937.

Инструкция по геологической съемке для карт масштаба 1 : 200 000, 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000. М., Госгеолтехиздат. 1955

Межведомственный стратиграфический комитет. Стратиграфическая классификация и терминология. М., Госгеолтехиздат. 1956.

Обручев В. А. Полевая геология. М.—Л., Гос. горн. научно-техн. изд., 1932.

Часть II

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Отмеченные выше особенности четвертичных отложений обусловили выделение четвертичной геологии в самостоятельную дисциплину, для которой характерно большое разнообразие объектов и методов исследования. Над историей четвертичного периода работают не только геологи-четвертичники, но и ряд других специалистов: географы, палеонтологи, геоботаники, климатологи, почвоведы и археологи. Естественно, что при геологической съемке охватить в равной мере все вопросы, связанные с изучением четвертичного периода, не представляется возможным.

Однако основные данные, необходимые для восстановления палеогеографических условий четвертичного периода картируемой территории, могут быть получены в процессе геологической съемки. Важно лишь учитывать специфику четвертичных отложений и использовать для их познания весь комплекс современных методов исследования.

Среди методов изучения четвертичных отложений выделяются две группы. К первой относятся методы, применяемые при изучении горных пород вообще. Вторая включает методы, специально разработанные для исследования четвертичных отложений, связанные с их специфическими особенностями.

Обычными (общими для всех геологических систем) методами являются: палеонтологический (биостратиграфический), литолого-стратиграфический и радиохимический методы определения абсолютного возраста.

К специальным методам, применяемым при исследовании четвертичных отложений, принадлежат: геоморфологический, геохронологический, археологический, палеопедологический, геоботанический.

Не все методы имеют одинаковое значение и не везде они могут найти применение. Однако исследователь должен стремиться к возможно более разностороннему подходу, так как только комплекс данных, полученных разными методами, позволяет решать вопросы, связанные с изучением четвертичных отложений.

Следует отметить, что и указанные выше общие методы исследования получают в приложении к четвертичным отложениям некоторые специфические черты.

Так, например, литолого-стратиграфический метод приобретает особенное значение вследствие преобладания среди четвертичных отложений континентальных немых осадков, разнообразия генетических типов отложений, пестроты состава и малой мощности стратиграфических единиц. Отсюда вытекает необходимость значительно более детального литологического и петрографо-минералогического изучения в целях корреляции

осадков по минералогическому составу. Большое значение имеет также гранулометрический анализ отложений, изучение петрографического состава гальки и валунов, их формы, окатанности и ориентировки. Все эти данные способствуют стратиграфическому расчленению осадков и воссозданию палеогеографических условий прошлого.

Новейшие радиохимические методы определения абсолютного возраста пород, приобретающие все большее значение для геологических исследований, в отношении четвертичных отложений имеют некоторые ограничения. Радиокарбоновый метод, позволяющий определять возраст пород не древнее 40—45 тысяч лет, оказался наиболее подходящим для четвертичных осадков. Из других методов следует указать ониевый — для определения возраста пород до 100 тысяч лет, радий-урановый и актиний-радиевый — до 300 тысяч лет. Аргоновый метод, оперирующий с отрезками времени, исчисляемыми миллионами лет и требующий наличия в породах особых минералов, пока еще к четвертичным отложениям не нашел применения.

Из перечисленных выше специальных методов исследования наибольшее значение имеют геоморфологические наблюдения, теснейшим образом связанные с изучением четвертичных отложений. Они служат для установления генезиса различных типов отложений, их стратиграфических соотношений и распространения.

Палеопедологический метод заключается в изучении погребенных почвенных горизонтов и их стратиграфического положения. Основное значение этот метод имеет для стратиграфического расчленения лёссовых толщ внеледниковых территорий делювиальных накоплений, реже — аллювиальных отложений. Но делать на основании их выводы о возрастном расчленении пород следует всегда осторожно, с учетом всего комплекса геологических данных.

Геохронологический метод, основанный на использовании годовой ритмичности накопления некоторых типов озерных отложений, главным образом ленточных глин, позволяет определять время накопления осадков в годах и устанавливать продолжительность отдельных этапов отступания ледникового покрова в абсолютном летоисчислении. Главное применение этот метод получил в районах распространения последнего оледенения.

Наконец, археологический метод связан с приуроченностью к четвертичным отложениям остатков культуры первобытного человека. Изучением археологических стоянок занимаются археологи, установившие ряд последовательных эпох в истории развития первобытного общества. Каждой эпохе соответствует особый тип первобытных орудий и других остатков человеческих поселений. Участие геологов в изучении условий захоронения древних поселений позволило разработать схему сопоставления эпох развития доисторического человека с подразделениями четвертичного периода. Поэтому находки каменных орудий, остатков первобытных гончарных изделий или целых палеолитических и неолитических стоянок (культурных слоев), погребенных в толще четвертичных осадков, имеют такое же значение (а нередко большее), как наличие руководящих окаменелостей, и с успехом могут быть использованы для стратиграфических целей.

В ряде случаев существенную помощь в выяснении границ распространения четвертичных отложений тех или иных генетических типов оказывают геоботанические наблюдения. По характеру растительности можно судить о вещественном составе отложений. Иногда по растительности можно устанавливать линии молодых тектонических нарушений. Надо отметить, что состав растительности хорошо дешифрируется на аэрофотоснимках, что, в свою очередь, способствует проведению геологических границ (см. ниже, об аэрометодах).

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

СБОР МАТЕРИАЛОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

В последнее время все исследователи считают, что единственно правильным для решения вопросов стратиграфии четвертичных отложений является комплексный подход к изучению четвертичного периода (геология, геоморфология, флора, фауна, человек). Но среди комплекса методов, применяемых при изучении четвертичных отложений, ведущая роль принадлежит, так же как и при изучении коренных отложений, палеонтологическому, или, вернее, биостратиграфическому методу. Эта ведущая роль биостратиграфического метода стала очевидной лишь после того, как работами советских ученых было выделено для значительных стратиграфических единиц четвертичного периода территории СССР несколько руководящих фаунистических комплексов с характерными для них формами ископаемой фауны млекопитающих.

При современном состоянии знаний, учитывая рекомендации XVIII МГК о снижении границы между неогеном и плейстоценом, можно говорить о последовательной смене в течение антропогенового периода генетически связанных между собой шести крупных фаунистических комплексов. Эти комплексы следующие (снизу вверх):

1. Хапровский фаунистический комплекс (эоплейстоценовый) с характерными формами *Elephas planifrons, Mastodon arvernensis, Equus stenonis, Hipparion* sp., *Camelus* sp. и др.

2. Таманский фаунистический комплекс конца эоплейстоцена с характерными формами: *Elephas meridionalis, Elasmotherium caucasicum, Equus susenbornensis* (см. также табл. 3).

3. Тираспольский фаунистический комплекс, нижнеплейстоценовый (миндель), известен под названием «фауны тираспольского гравия». Для него характерны следующие руководящие формы: *Elephas wüsti* M. Pavl., *Bison schaetensacki, Alces latifrons, Equus mosbachensis, Cervus verticornis, Elasmotherium sibiricum, Elephas antiquus meridionaloides* W. Grom., *Rhinoceros mercki.*

4. Хозарский фаунистический комплекс (среднеплейстоценовый) был выделен в Нижнем Поволжье в песках хозарского яруса под названием «волжской фауны». По времени предшествует максимальному оледенению или отвечает самому началу его. Для него типичны: *Elephas trogontherii* Pohl., *Bison priscus longicornis* W. Grom., *Rhinoceros antiquitatis, Camelus knoblochi, Cervus (Megaceros) germaniae, Equus caballus missi* M. Pavl., *E. chozaricus* и др.

5. Верхнепалеолитический фаунистический комплекс — от второй половины максимального оледенения (рисса) до начала голоцена. Характерными представителями для него являются: *Elephas primigenius, Rhinoceros antiquitatis, Rangifer tarandus, Vulpes lagopus, Lemmus obensis, Saiga tatarica, Dicrostonyx torquatus, Alactaga jaculus, Bison priscus deminutus, Ovibos moschatus* и др.

6. Современный (голоценовый) фаунистический комплекс включает уже всех современных животных с некоторыми постепенно вымирающими плейстоценовыми реликтами, но с несколько отличными от современных ареалами некоторых видов.

Этот комплекс фауны непосредственно связан с современным.

Анализ фауны перечисленных выше комплексов показывает, что современной эпохе предшествовала такая фаза в истории четвертичного периода, когда климатические условия благоприятствовали более широкому, чем теперь, распространению холодоустойчивых и даже арктических видов. С другой стороны, среди четвертичной фауны СССР более широко распро-

странены элементы южноазиатской и африканской фауны, почти изчезнувшие в течение четвертичного периода из тех мест, в которых сохранились их ископаемые остатки. Все это свидетельствует не только о постепенном похолодании, но и значительном изменении климата в течение этого периода. Это говорит и о том, что история развития четвертичной фауны совершалась на фоне сложных изменений физико-географической среды, когда наряду с вымиранием шел процесс образования новых видов. Таким образом, кроме чисто стратиграфического значения, остатки наземных позвоночных представляют также большой интерес для понимания истории современной фауны при решении палеоклиматических и палеогеографических вопросов. Поэтому понятна необходимость тщательного сбора остеологического (костного) материала.

Сбор остатков позвоночных

Обычно кости позвоночных встречаются в аллювии речных террас, в нижней его части — в галечниках. Нередко они встречаются в накоплениях древних балок, прорезающих склоны плато или террас. Очень часто остатки позвоночных образуют значительные скопления по берегам рек, на современном бичевнике, куда они попали вследствие размыва более древних отложений, слагающих обрывистые берега.

В торфяниках и особенно в лёссах остатки позвоночных хотя и встречаются довольно часто, но больших скоплений обычно не образуют. Реже остатки позвоночных встречаются во флювиогляциальных или моренных образованиях. Особую категорию находок представляют нередко большие скопления костных остатков в пещерах.

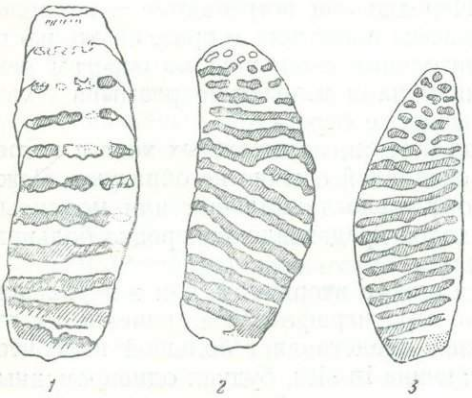
Костные остатки могут находиться или во вторичном, или в первичном залегании (in situ). В первом случае стратиграфическое значение их гораздо меньше, но собранный материал представляет большой палеонтологический интерес. Кости же, залегающие in situ, будучи одновременными заключающей их породе, естественно, имеют большое значение для стратиграфии. Иногда удается обнаружить в одном разрезе несколько костеносных горизонтов. В таких случаях ценность правильно собранного материала значительно повышается. Из сказанного ясно, что при обнаружении остатков позвоночных важно не только собрать их, но и исследовать на месте, чтобы выяснить прежде всего возраст найденных остатков и установить их первичное или вторичное залегание.

Если костные остатки обнаружены в осыпи, в основании обрыва, на берегу реки, то необходимо прежде всего найти тот горизонт в разрезе, из которого эти остатки выпали, или убедиться, что костеносный горизонт непосредственно размывается рекой. Найденные остатки фауны нужно собрать, обратив внимание на степень их сохранности — минерализацию, окраску, наличие на костях известковых налетов и пр. Если сохранность костей окажется различной, то можно предполагать наличие в данном месте нескольких костеносных горизонтов, которые и следует отыскать в разрезе. Иногда это удается сделать, если обратить внимание на породу, сохранившуюся в полостях костей, выпавших из разреза.

На первичное залегание остатков фауны указывают следующие признаки: 1) наличие целых скелетов животных; 2) сохранение более или менее естественного положения отдельных частей скелетов, наличие черепов (особенно с нижними челюстями) или даже отдельных целых зубов слонов (последние даже при незначительной транспортировке водой обычно разваливаются на отдельные пластины); 3) массовое скопление целых костей животных. Отсутствие среди них более или менее полных скелетов или их частей практически можно чаще всего рассматривать как залегание in situ, так как кости, даже в свежем состоянии, не выдерживают переноса на значительное расстояние.

Окатанность костей не является еще доказательством вторичного залегания. Если же кости раздроблены, имеют различную степень фоссилизации, если поверхности раскола костей светлые или имеют иную окраску, чем остальная поверхность, то можно предположить их вторичное залегание. Разумеется, это должно быть подтверждено данными о геологических и геоморфологических условиях залегания. Обычно массовое нахождение костных остатков во вторичном залегании встречается близ места их первоначального погребения. Разбитые кости без следов окатки указывают на возможность обнаружения здесь стоянки первобытного человека (см. ниже, стр. 51).

Как правило, нужно собирать весь костный материал и особенно если он происходит непосредственно из какого-либо одного геологического слоя. Если все кости взять невозможно, то следует брать черепа, зубы, кости конечностей, как длинные трубчатые, так, в особенности, мелкие (фаланги, кости запястья и пр.). Из обломков длинных трубчатых костей надо собирать те, которые сохранили эпифизы, т. е. верхние и нижние концы с поверхностями для сочленения с другими костями скелета; из позвонков следует брать шейные; бивни, ребра и обломки трубчатых костей крупных животных можно не брать. Обязательно нужно брать все кости в том случае, когда они принадлежат одному скелету или какой-либо части скелета одного животного. Особенное внимание следует обращать на кости мелких животных и собирать их, не вынимая из породы. Основное правило при сборе костного материала, как и всякого другого — точный этикетаж.



Фиг. 12. Зубы руководящих видов слонов четвертичного периода. Около $^1/_5$ н. в.:

1 — южный слон (*Elephas meridionalis*);
2 — слон трогонтерий (*Elephas trogontherii*);
3 — мамонт (*Elephas primigenius*)

Если кости хорошей сохранности находятся в породе, то, прежде чем вынуть ее, следует при помощи более широкой расчистки убедиться в том, что в этом месте больше нет костей, представляющих другие части скелета. Если такие кости окажутся, то, расчистив и закрепив хрупкие кости раствором целлулоида в ацетоне, или раствором шеллака в спирте, или просто столярным клеем (300 г на 1 л воды), следует зарисовать и сфотографировать всю группу и только после этого собрать все кости и упаковать их вместе с этикеткой, по возможности не очищая от породы. Если при обнаружении целого скелета исследователь не имеет возможности немедленно произвести раскопки с соблюдением необходимых условий, то нужно обеспечить сохранность сделанной находки и отложить раскопку до более благоприятного момента. При упаковке коллекций можно для предохранения собранного материала от поломки в дороге использовать бумагу, стружки, опилки, сено, солому и т. п.

В тех случаях, когда в процессе исследования скоплений костей четвертичных млекопитающих необходимо определить обнаруженную фауну, что не может быть произведено на месте из-за отсутствия специалистов, следует прибегнуть к помощи эстампажей, которые легко могут быть пересланы по почте. Обычно для снятия карандашных эстампажей используют жевательные поверхности зубов (в особенности слонов; фиг. 12).

Для этого накладывают на жевательную поверхность зуба лист белой бумаги, плотно прижав его к поверхности, с которой желают снять эстампаж, зачерчивают бумагу карандашом (не очень мягким), направляя штрихи по преимуществу перпендикулярно к преобладающей бороздчатости объекта. Полученные таким образом изображения будут достаточно точными для производства измерений и благодаря своей портативности легко могут быть пересланы по почте в конверте.

СБОР ОСТАТКОВ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ (по М. М. ЖУКОВУ)

В четвертичных отложениях встречаются раковины пресноводных и морских или наземных моллюсков, или не подвергшихся окаменению, или слабо окаменелые; раковины эти хрупкие, поэтому необходимо до выезда в поле запастись средствами упаковки (вата, бумага, пробирки, коробочки, деревянные ящики, шпагат, бечевка и т. п.).

В случае нахождения редко разбросанной в породе фауны следует собирать по возможности большее количество экземпляров из каждого выделяемого слоя отдельно. Ни в коем случае не следует очищать фауну от породы, поскольку она, во-первых, способствует сохранности фауны во время транспортировки и, во-вторых, может быть использована для уточнения характеристики обстановки нахождения образца и его захоронения.

При наличии в слое большого количества ископаемых необходимо взять два образца. В одном должны быть представлены по возможности все разновидности форм, все размеры их и любая их сохранность. Особенно важно показать в образце количественное соотношение форм, наблюдаемое в слое. Иначе говоря, не следует отбирать формы более крупные, лучшей сохранности и т. д. Нужно взять их такими, как они найдены в породе.

Для второго экземпляра того же образца можно уже отобрать формы более редкие, лучшей сохранности и т. п. Как правило, собирание образцов фауны из осыпи не рекомендуется, но в некоторых случаях это целесообразно, например, когда в обнажении существует только один горизонт, заключающий в себе фауну, и когда есть уверенность в том, что в осыпи не может оказаться смешанная фауна.

Фауна, собранная из осыпи, упаковывается отдельно. К образцу с фауной необходимо приложить около 200 г породы, в которой были встречены ископаемые. Если раковины полуразрушены, их следует закрепить. Способы закрепления и состав закрепителей описаны в разделе «Сбор материалов по изучению четвертичных млекопитающих» (стр. 44).

При описании обнажения, в котором обнаружена фауна, необходимо указать геоморфологические условия выхода слоев с фауной. Например: найдена в основании такой-то террасы, на середине склона той же террасы, у бровки ее, на такой-то высоте над руслом реки или уровнем моря, на склоне плато и т. д. Необходимо указать характер залегания ископаемого в слое: редко разбросаны, залегают сосредоточенно—прослоями, линзами; отметить, нет ли следов определенной ориентировки раковин и т. д.

Следует также указать характер окружающей ископаемое породы. Так как образцы большей частью хрупкие, то при упаковке фаунистического материала каждый экземпляр должен быть завернут в вату, а затем уже помещен в коробочку или пробирку, обернутые бумагой и завязанные шпагатом. При упаковке отдельных пакетов в ящик их надо укладывать плотно, чтобы они не сместились при перевозке. При сборке мелкой фауны (гастропод и таких пелеципод, как *Pisidium*, а тем более остракод из старичных, пойменных и субаэральных отложений) следует рекомендовать отбор штуфов породы и последующее отмучивание фауны в воде, извлечение всплывающих или садящихся на дно раковинок кисточкой и помещение их в пробирки.

СБОР РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

Растительные остатки, как и остатки животных, служат для стратиграфического расчленения осадочных отложений любого возраста, в том числе и четвертичных, а также оказывают большую помощь при восстановлении палеогеографических условий времени накопления отложений изучаемого горизонта.

Растительные остатки могут быть представлены как макроскопическими (древесина, кора, листья, плоды, семена, уголь), так и микроскопическими (споры, пыльца) объектами.

В связи с этим сбор материалов имеет свою специфику.

Сбор крупных (видимых простым глазом) растительных остатков

Наиболее часто встречающимися растительными остатками, которые можно различить невооруженным глазом, являются древесина, кора, листья, плоды, семена и древесный уголь.

Сбор древесины. В осадочных отложениях часто встречается древесина в виде целых стволов, ветвей, пней. Такие находки необходимо точно стратиграфически «привязать» и определить геоморфологические условия их местонахождения.

Необходимо отметить при этом глубину залегания и детально описать условия и характер захоронения (например, вертикальное положение пней или остатков стволов, параллельное или беспорядочное расположение лежащих стволов).

Следует брать отдельные достаточно широкие поперечные спилы пней и стволов. Очищать взятые образцы древесины от проникшей в трещины породы не надо, так как эта порода может быть использована для палинологического и других анализов. Желательно брать древесину по возможности вместе с уцелевшей корой.

Древесина хорошей сохранности или окремненная не требует специального закрепления или консервации, ее можно упаковывать, как все геологические образцы. Если же древесина плохой сохранности, она при высыхании быстро разрушается. В таких случаях следует еще влажную древесину пропитывать спиртовым раствором шеллака или раствором целлулоида в ацетоне.

При отсутствии закрепляющих составов древесину необходимо предохранить от высыхания, для чего ее следует тщательно упаковывать в пергаментную или провощенную бумагу или матерчатые мешки, пропитанные парафином.

Сбор листьев, плодов и семян. Листья, плоды и семена в четвертичных отложениях собираются главным образом из современных и погребенных торфяников аллохтонного и автохтонного происхождения.

При нахождении погребенного торфяника или горизонта торфа устанавливают его стратиграфическое и геоморфологическое положение и по возможности берут целые монолиты, захватывающие всю толщу торфа, с подстилающими и покрывающими отложениями.

Кроме того, должны быть взяты послойные большие образцы, весом не менее 1 кг каждый, для промывки в лаборатории с целью отбора плодов, семян, чешуй, листьев и прочих остатков растений. Можно организовать сбор этих остатков на месте, особенно если разрез расположен на берегу реки или какого-нибудь водного бассейна.

Для промывки торфа в поле необходимо иметь с собой следующие предметы:

1) сито с металлической сеткой с отверстиями не крупнее 2 мм или обыкновенное хозяйственное сито с волосяной сеткой;

2) большую фотографическую ванночку, обязательно с белыми дном и стенками;

3) пинцеты, кисточки, препаровальные иголки;

4) мелкие стеклянные пробирки с плоским дном и пробками;

5) формалин или денатурированный спирт;

6) глицерин;

7) мелко нарезанную пергаментную или восковую бумагу для внутренних этикеток.

Промывка торфа производится следующим образом. Образец торфа из точно привязанного горизонта разламывают руками на мелкие куски и небольшими порциями накладывают в сито. Наиболее сильно разложившаяся часть торфа и мелкие, неопределимые растительные остатки уходят с проточной водой, крупные растительные остатки, семена, плоды остаются в сите.

Эти отмытые остатки, получаемые в виде кашеобразной массы, небольшими порциями переносят пинцетом в фотографическую ванночку с водой, и на белом дне ванночки становятся хорошо заметными части растений — корешки (осок, тростника), семена, плоды.

Значительная часть семян всплывает на поверхность воды в ванночке и прибивается к ее бортам, где их легко собрать пинцетом или кисточкой.

Удобнее всего семена, плоды и растительные остатки помещать в отдельные пробирки. Необходимо совершенно особо помещать мелкие животные остатки (хитиновые крылышки жуков, оболочки ручейников). Остатки крупных животных (кости мамонта, лошади), а также предметы, указывающие на хозяйственную деятельность человека (керамика, орудия производства, остатки пищи), также следует тщательно упаковывать каждую вещь отдельно.

Если при таких исследованиях обнаруживаются остатки древесины, их обязательно надо собирать и доставлять для определения.

Очень крупные остатки таких пород, как сосна, береза, легко определимы простым глазом, но мелкие обломки можно определить только при микроскопическом исследовании. Часто мелкие остатки древесины бывают в сильно разложившемся состоянии и легко распадаются.

Сбор древесного угля. Остатки древесного угля в четвертичных отложениях свидетельствуют о древних лесных пожарах или кострищах доисторического человека. Их также необходимо тщательно собирать. Особое внимание надо уделять сбору угля из культурных слоев палеолитических и неолитических стоянок. Образцы угля упаковывают в вату и помещают в плотно закупоривающиеся коробки или пробирки.

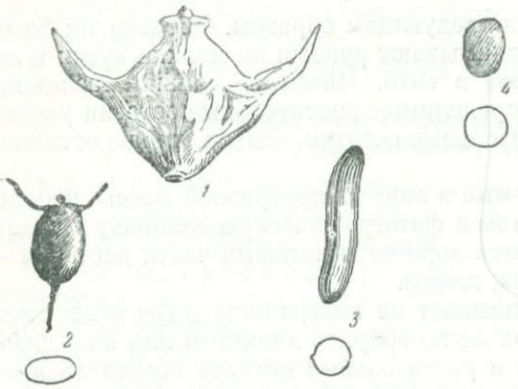
Сбор образцов для спорово-пыльцевого и диатомового анализа

Метод спорово-пыльцевого, или палинологического, анализа особенно необходим при изучении континентальных отложений, очень часто лишенных каких-либо других органических остатков.

Палинологический анализ заключается в изучении и определении спор и пыльцы растений, встречающихся в различных по генезису отложениях (озерно-аллювиальных, морских, лагунных, эоловых). При цветении древесные породы, кустарники, травы дают большое количество пыльцы, особенно ветроопыляемая группа растений.

Выпадая на поверхность суши, различных водоемов, болот и торфяников, микроспоры постепенно погребаются в толще осадков и, как правило, хорошо сохраняются благодаря большой стойкости оболочки, причем надо отметить, что в щелочной среде споры и пыльца, по-видимому, сохраняются хуже, чем в кислой.

Так как определенным геологическим эпохам отвечает определенный комплекс флоры, то состав микроспор, заключенных в изучаемых отложениях, отчасти отражает собой растительность, обитавшую в районе во время накопления отложений данного горизонта (фиг. 13 и 14). Получаемая при палинологическом анализе статистическая послойная характеристика носит название «палинологического спектра». Таким образом, по палинологическим спектрам можно определять возраст отложений.



Фиг. 13. Флора межледниковых отложений (по А. В. Благовещенскому):

1 — водяной орех *(Trapa natans)*; *2* — роголистник *(Ceratophyllum)*; *3* — телорез *(Stratiotes)*; *4* — бразения *(Brasenia)*

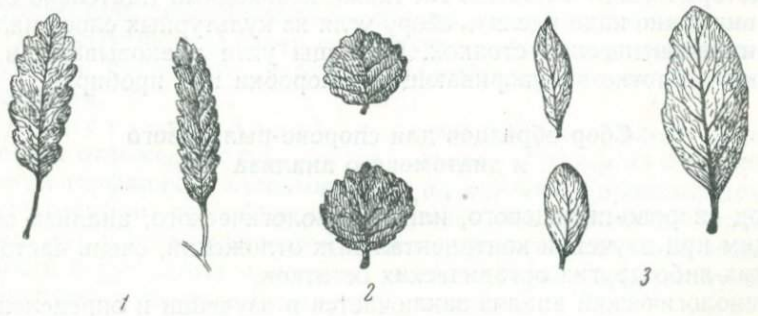
Лучше всего микроспоры сохраняются в органических отложениях, например в угле, лигните, торфе, озерных отложениях типа сапропелей и т. п.

В минеральных, особенно в карбонатных отложениях микроспоры обычно встречаются в значительно меньших количествах, поэтому для получения сравнимых и надежных результатов приходится прибегать к обогащению породы пыльцой.

В настоящее время палинологический метод применяется при изучении всей осадочной толщи, от кембрия до современных включительно.

Данные спорово-пыльцевого (палинологического) анализа широко используются во многих областях науки: стратиграфии, палеонтологии, палеогеографии, палеоклиматологии, истории флоры и растительности, систематике растений, эволюции и филогении растительного мира, археологии и т. д.

Материал для палинологического анализа, как правило, собирают при производстве геолого-съемочных работ, или каких-либо иных геологических



Фиг. 14. Полярная флора:

1 — листья дриады *(Dryas)*; *2* — листья карликовой березы *(Betula nana)*; *3* — листья ивы *(Salix)*

изысканий, или же для выполнения такого рода задания посылается специальный исполнитель. В последнем случае исследователь идет по уже изученным обнажениям, характеризующим наиболее полно четвертичную толщу изучаемого района.

Сбор материала можно подразделить на взятие образцов: а) из органогенных отложений и б) из минеральных образований. По методике они несколько различаются между собой.

При сборе образцов для палинологического анализа необходимо:

1) соблюдать максимальную аккуратность и осторожность, чтобы не занести в образцы материал со стороны или с других глубин;

2) тщательно документировать образцы, так как ошибки в записи глубин в пределах 5—10 см уже могут существенно осложнить возможность стратиграфической увязки горизонтов;

3) собирать образцы полными сериями, т. е. давать послойную характеристику обнажения, разреза, карьера, скважины. Образцы, характеризующие только данный горизонт, не могут быть использованы в стратиграфических целях и не могут дать основания, даже при положительных результатах анализа, для стратиграфической его привязки.

Сбор образцов из органогенных отложений. Органогенными отложениями четвертичного периода являются торфяники, сапропели, сапропелиты, диатомиты; очень богаты органическим веществом гиттии, погребенные почвы и т. п.

Взятие пробы из торфяников, диатомитов и т. п. производится обычно при помощи специального бурения. Бурение ведется бурами системы Гиллера, Сукачева или Инсторфа.

В том случае, если бурение торфяника производится попутно, при производстве геологических работ, удобнее всего применять бур системы Гиллера (малый), ввиду его портативности и простоты обращения с ним.

Описание бура Гиллера и других буров и способы обращения с ними приводятся в книге Г. И. Ануфриева, И. Д. Богдановской-Гиенэф и Ю. Д. Цинзерлинга «Методика исследования растительности болот».

Образцы для палинологического анализа при бурении торфяника вынимаются через 25 см, по всей мощности залежи. Вынутый челнок бура открывают, удаляя все посторонние примеси (мох, торф из других горизонтов и т. п.), образец торфа вынимают шпателем или обыкновенной чайной ложкой и упаковывают. Для упаковки торфяных образцов можно использовать пергаментную или восковую бумагу, кальку, пропарафиненные или прорезиненные мешочки; можно для этой цели употреблять также металлические бюксы (стаканчики с плотно пригнанной крышкой) или стеклянные толстостенные пробирки. Очень влажные образцы, если с них стекает вода, можно слегка отжать, но лучше этого не делать, потому что вместе с водой отжимается и часть пыльцы.

Образцы ни в коем случае нельзя высушивать ни на солнце, ни на печке, наоборот, надо стараться сохранить их влажными. Это облегчает их последующую обработку. Этикетку пишут на восковой или пергаментной бумаге или завертывают в нее, если для этого употребляются обычные этикетные книжки. В противном случае она почти наверное через два месяца сгниет, и образец потеряет паспорт. Заворачивание этикетки и образца торфа в бумагу производят так же, как и при упаковке геологических образцов.

Все образцы из одной скважины упаковывают вместе, тщательно увязывают их и на пакете надписывают название болота или торфяника и номер скважины; можно указать и номера образцов.

Чрезвычайно большой интерес и значение при изучении четвертичных отложений представляют погребенные (ископаемые) торфяники. Обычно именно эти отложения дают максимум важных фактических данных (микроспоры, диатомовые водоросли, семена, плоды, шишки и прочие крупные растительные остатки) как для установления стратиграфии всего разреза четвертичной толщи, так и для восстановления палеогеографических условий времени накопления этих отложений.

Изучение погребенных торфяников способствует реконструкции крупного отрезка времени в истории четвертичного периода.

Чаще всего погребенные торфяники могут быть встречены в обнажениях по берегам рек.

До сбора материала необходимо прежде всего произвести хорошую расчистку всей стенки обнажения, чтобы стали совершенно ясны стратиграфические условия залегания ископаемого торфяника. Образцы для палинологического анализа из такого обнажения следует брать бороздой по всему разрезу (вертикально).

Совершенно необходимо, помимо отбора образцов из погребенного торфяника, брать образцы для палинологического анализа из покрывающего и подстилающего горизонтов, чем бы этот горизонт ни был представлен, даже мореной. В таком случае по переотложенным микроспорам в подстилающих и покрывающих погребенный торфяник горизонтах морен могут быть получены данные о путях движения ледника.

Образцы из самого погребенного торфяника надо брать не реже, чем через 10 см, в случаях очень большой спрессованности отложений надо брать и через 2—3 см, особенно если горизонт торфа маломощный.

Образцы надо брать снизу вверх. Это делается для того, чтобы избежать повторной расчистки обнажения, так как при сборе образцов сверху вниз обязательно засыпаются нижележащие горизонты, и их приходится расчищать вновь.

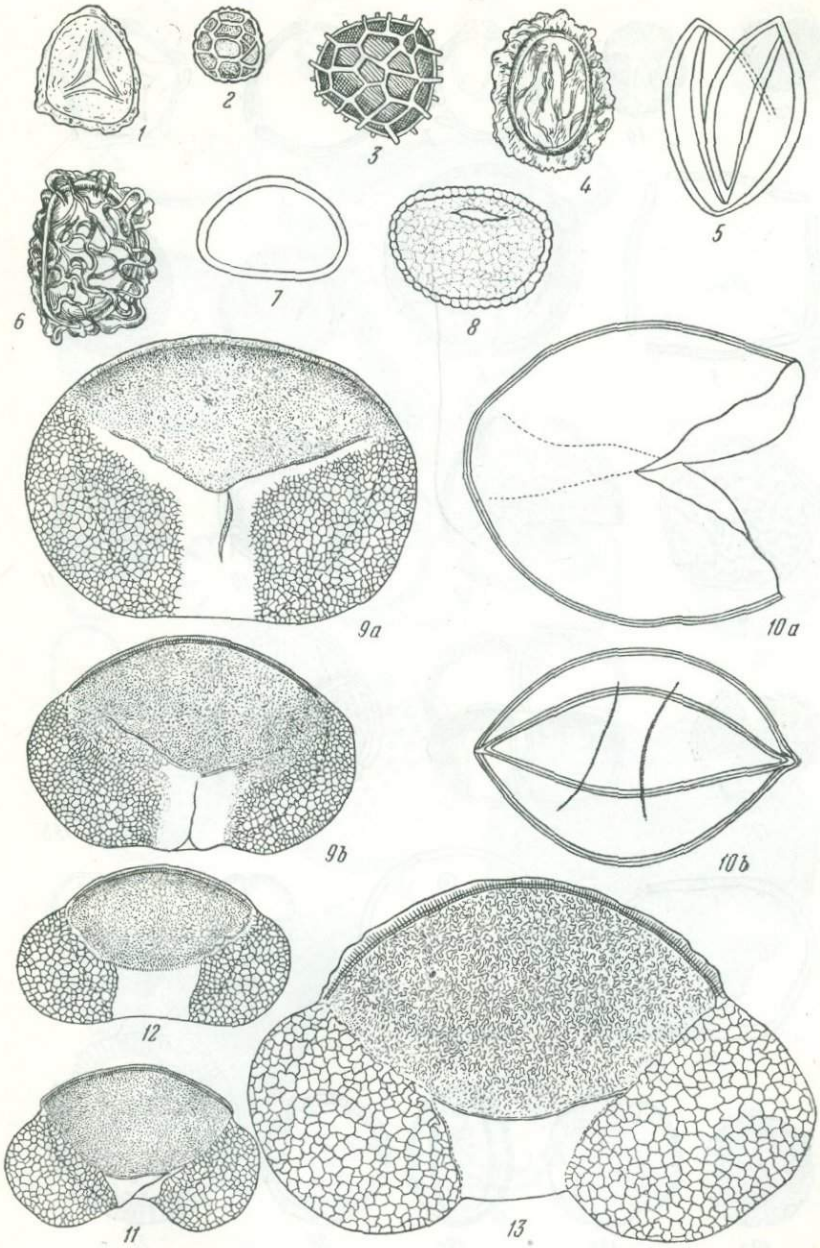
Если образцы влажны, упаковку производят таким же образом, как при сборе материала на болотах; если образцы сухие, их можно упаковывать, как и обычные геологические образцы. Необходимо на месте работы самым внимательным образом пересмотреть возможно большее количество торфа (по объему) и поискать в нем семена, плоды, шишки, остатки древесины, листьев, животных. Все эти находки нужно точно этикетировать, особенно тщательно привязывая их к разрезу.

Сбор образцов из минеральных отложений. В том случае, когда образцы берут из разреза, сложенного исключительно минеральными отложениями, прежде всего производят тщательную расчистку обнажения.

Расчистку нужно производить по всей площади стенки обнажения, как это указывалось выше, для того, чтобы можно было составить совершенно отчетливое представление о стратиграфии разреза. Это необходимо делать и в тех случаях, когда работа производится по уже известному маршруту и для этих целей используются уже описанные и известные обнажения. Необходимо, конечно, повторить и описание.

Образцы, по возможности, берут бороздой, снизу вверх, последовательно по всем горизонтам. Интервалы между образцами делают в зависимости от тонкости материала и стратиграфического положения горизонта. Чем тоньше отложения, тем чаще надо брать образцы, например, из глин, погребенных под мореной, образцы следует брать через 10 см; из грубозернистых грунтов (крупные пески, особенно гравийные и галечные) образцы можно брать через 1—2 м, так как эти отложения редко содержат споры и пыльцу. Если в разрезе имеются хотя бы ничтожные торфянистые прослои с растительными остатками, горизонты, окрашенные гумусом (погребенные почвы), надо обязательно брать образцы для анализа из этих прослоев и горизонтов, их подстилающих и покрывающих, независимо от их частоты. Морена и флювиогляциальные отложения, как правило, не содержат пыльцы, если последняя не попадает из подстилающих слоев.

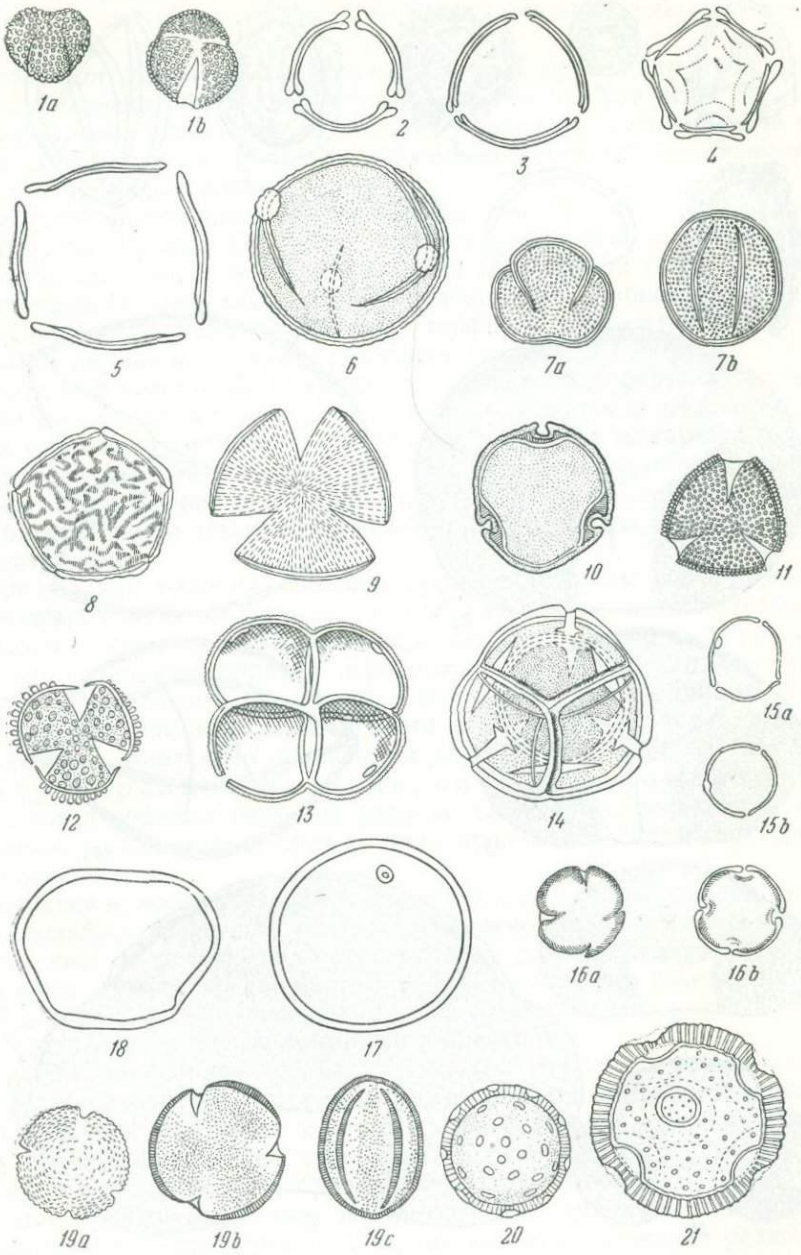
Вес образцов должен быть около 200—300 г. Не рекомендуется оставлять образцы длительное время открытыми, так как на них может осесть пыльца, находящаяся в воздухе.



Фиг. 15. Примерные четвертичные спорово-пыльцевые комплексы для центральных и северо-западных районов Европейской части СССР:

1 — Sphagnaceae (род *Sphagnum* sp. по Нейштадту); 2 — Dicranaceae (род *Dicranum* sp. по Нейштадту); *3* — Lycopodiaceae (род *Lycopodium* sp. по Ноксу); *4*—Polypodiaceae (род *Dryopteris* sp.); *5* —Polypodiaceae (род *Onoclea* sp.); *6*—Polypodiaceae (род *Asplenium* sp.); *7* — Polypodiaceae; *8* — то же (род *Polypodium* sp.); *9, а, в*— *Picea* sp.; *10, а, в* — *Larix* sp.; *11* — *Pinus*, подрод *Dipeoxylon*; *12* — *Pinus*, подрод *Haploxylon*; *13* — *Abies* sp.

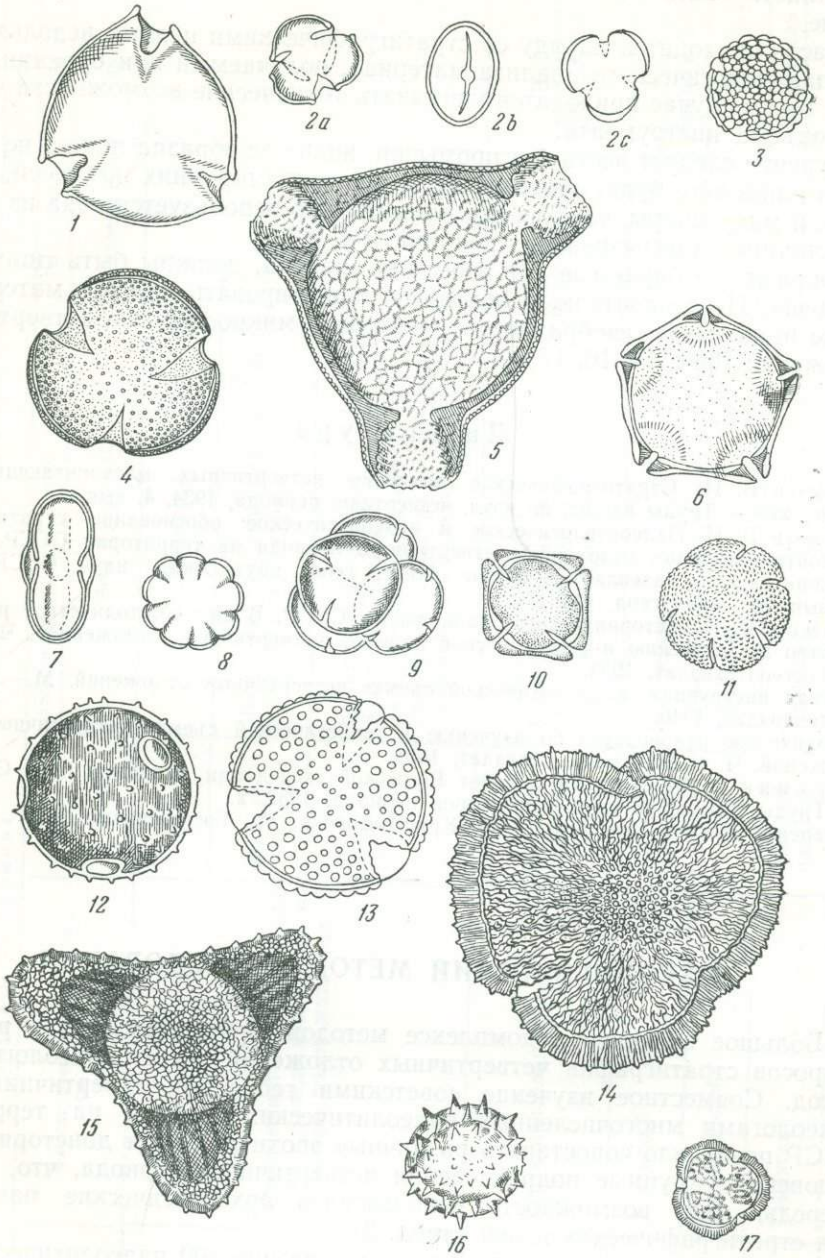
4–8 увел. 600, *9а* — *13* увел. 550, 6 и 11 зарисованы с ископаемой пыльцы и спор из четвертичных отложений; остальные зарисовки сделаны с пыльцы ныне живущих растений



Фиг. 16. Примерные четвертичные спорово-пыльцевые комплексы для центральных и северо-западных районов Европейской части СССР:

1, *a*, *b* — *Salix* sp.; 2 — *Betula* sp.; 3 — *Corylus* sp.; 4— *Alnus*. sp.; 5 — *Carpinus* sp.; 6 — *Fagus* sp.; 7, *a*, *b* — *Quercus* sp.; 8 — *Ulmus* sp.; 9 — *Acer* sp.; 10 — *Tilia* sp.; 11 — *Fraxinus* sp.; 12 — *Jlex* sp.; 13 — Typhacea (*Typha* sp.); 14 — Ericaceae gen. sp.; 15, *a*, *b* — Urticaceae (*Urtica* sp.); 16, *a*, *b* — Polygonaceae (*Rumex* sp.); 17 — Gramineae gen. sp.; 18 — Cperaceae gen. sp.; 19, *a*, *b*, *c* — Ranunculaceae (*Ranunculus* sp.); 20 — Chenopodiaceae gen. sp.; 21 — Caryophyllaceae gen. sp.

1a — *12*, *14* увел. 900; *13*, *15*, *a* — *21*, увел. 500—700; *4*, *8*, *9*, *10* и *12* зарисованы из четвертичных отложений; остальные зарисовки сделаны с пыльцы ныне живущих растений



Фиг. 17. Примерные четвертичные спорово-пыльцевые комплексы для центральных и северо-западных районов Европейской части СССР:

1 — Rosaceae (*Rosa* sp.); *2, a, b, c* — Leguminosae (*Lotus* sp).; *3* — Leguminosae (Melilotis sp.); *4* — Violaceae (*Viola* sp.); *5* — Onagraceae (*Epilodium* sp.); *6* — Halorchagidaceae (*Myriophyllum* sp.); *7* — Umbelliferae (*Libanotis* sp.); *8* — Rubiaceae) *Galium* sp.); *9* — Pirolaceae (*Pirola* sp.); *10* — Boraginaceae (*Nonnea* sp.); *11* — Lablatae (*Clinopodium* sp.); *12* — Campanulaceae (*Gampanula* sp.); *13* — Valerianaceae (*Valeriana* sp.); *14* — Dipsacaceae (*Scabiosa* sp.); *15* — Compositae; (*Echinops* sp.); *16* — Compositae (*Aster* sp); *17* — Compositae *Artemisia* sp.).

Увел. 500—700. Зарисовки сделаны с пыльцы живущих растений

Этикетировать и упаковывать образцы можно, как и обычные геологические.

Часто приходится наряду со стратиграфическими целями использовать для палинологического анализа материал, получаемый при бурении.

В таком случае приходится учитывать технические возможности частоты подъема инструмента.

Бурение следует вести без промывки, иначе от образца ничего не останется или в него будет занесено очень много посторонних примесей, в том числе и микроспоры, так как при этом обычно используется вода из любого источника (загрязненного водоема и т. п.).

Образцы, отбираемые при этом для анализа, должны быть тщательно очищены. Исследователю необходимо гарантировать чистоту материала. Ниже приводятся изображения некоторых микроспор из четвертичных отложений (фиг. 15, 16, 17).

Литература

Громов В. И. Стратиграфическое значение четвертичных млекопитающих Поволжья. — Труды Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1934, **4**, вып. 2

Громов В. И. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР. (Млекопитающие, палеолит). — Труды Инст. геол. наук Акад. наук СССР, 1948, вып. 64, серия геол. (№ 17).

Громов В. И. История четвертичной фауны СССР. В кн.: «Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений». Ч. 1. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений. М.—Л., Госгеолиздат, 1940.

Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Ч. 1. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Мирчинк Г. Ф. Результаты работ Волжской экспедиции Академии наук СССР. — Труды Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1932, **2**.

Пыльцевой анализ. Под ред. А. Н. Криштофовича. М., Госгеолиздат, 1950.

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Большое значение в комплексе методов, применяемых для решения вопросов стратиграфии четвертичных отложений, имеет археологический метод. Совместное изучение советскими геологами-четвертичниками и археологами многочисленных палеолитических стоянок на территории СССР позволило сопоставить различные эпохи развития доисторического человека и крупные подразделения четвертичного периода, что, в свою очередь, дало возможность использовать археологические памятники для стратиграфических целей (табл. 3).

В настоящее время в СССР известно свыше 300 палеолитических памятников, достаточно хорошо изученных. Эти памятники рассеяны на огромной территории от западной границы до восточной и охватывают промежуток времени от нижнего палеолита, начиная с дошелля («клектон») до самых поздних его стадий, т. е. занимают как раз весь отрезок времени от низов четвертичного (антропогенового) периода до голоцена.

Граница распространения верхнепалеолитических стоянок не поднимается севернее 58° с. ш. (низовье р. Чусовой, стоянка Талицкого) в Европейской части СССР и 61° с. ш. в Азиатской части СССР (бассейн р. Лены, близ г. Олекминска). Южная же граница почти совпадает с государственной границей СССР.

Таблица 3

Схема сопоставления стратиграфических подразделений четвертичного периода (антропогена) с археологическими эпохами

Схема В. И. Громова					Схема Г. Ф. Мирчинка	
Геологические подразделения		Фаунистические комплексы см. стр. 42	Археологические подразделения		Геологические подразделения	
Отделы	Ярусы		Эпохи	Века (культуры)	Отделы	Ярусы
Голоцен Q_3	Верхний Q_3^2	Современный с иными ареалами в начале эпохи для некоторых видов животных		Железный	Голоцен	
			Неолит	Ямочно-гребенчатая керамика. Трипольская культура		
	Нижний Q_3^1		Мезолит	Культура „Маглемозе" Культура „Лингби" „Арктический палеолит" Свидерская культура Тарденуазская культура		
Плейстоцен Q_2	Верхний Q_2^3	Верхнепалеолитический	Верхний палеолит	Азильская культура Мадленская культура Солютрейская культура Ориньякская культура	Неоплейстоцен	Вюрм Рисс-вюрм
	Средний Q_1^2	Хозарский	Средний палеолит	Мустьерская	Мезоплейстоцен	Рисс Миндель-рисс
	Нижний Q_2^1	Тираспольский	Нижний палеолит	Ашельская	Эоплейстоцен	Миндель
Эоплейстоцен Q_1	Верхний Q_1^2	Таманский		Шелльская		Доминдель
	Нижний Q_1^1	Хапровский		Дошелльская	Верхний плиоцен	Гюнц-миндель Гюнц

Находки нижнего палеолита (до мустье) известны преимущественно в южной части СССР, не севернее 47° с. ш., лишь отдельные находки (на Десне) отмечены на 53° с. ш.; они отсутствуют восточнее Сталинабада. Находки мустьерской культуры в общем совпадают с границами нижнего палеолита, но отдельные находки известны до 58° с. ш. На территории Сибири достоверные находки старше среднего палеолита пока не известны.

В распределении палеолитических стоянок видна известная закономерность, которая определяется палеогеографическими особенностями того времени. Так, древнейшие верхнепалеолитические стоянки (ориньяк) расположены в основном к югу от границы максимального оледенения, что указывает на одновременность (в широком смысле) ранних стадий верхнего палеолита с эпохой максимального оледенения. Более поздние верхнепалеолитические стоянки (солютре, мадлен) нигде не переходят к северу южной границы валдайского (вюрмского) оледенения, что свидетельствует об одновременности последних стадий верхнего палеолита с валдайским оледенением. Конечно, нельзя еще решать вопрос о геологическом возрасте палеолита только на основании географического распространения стоянок. Эти данные приобретают значение лишь в сочетании с геологическими, фаунистическими и археологическими материалами, и не только для определения возраста палеолита, но и для понимания истории расселения человека.

Большинство палеолитических находок в СССР получено из верхнепалеолитических стоянок. По геологическим условиям нахождения они могут быть разделены на две основные категории: пещерные стоянки — гроты, навесы, убежища и собственно пещеры, и стоянки под открытым небом, не имевшие естественного прикрытия, — «открытые» стоянки. Последние разбиваются на следующие группы: 1) стоянки в речном аллювии, 2) стоянки в делювиальных шлейфах на склонах плато или террас, 3) стоянки в древнем овражном делювии, 4) лёссовые стоянки Украины (прямо или косвенно они все связаны с речными террасами), 5) стоянки, или, точнее, следы пребывания, палеолитического человека на морских террасах и связанных с ними устьевых выносах впадавших в море рек. Обычно культурные остатки верхнего палеолита залегают выше морены максимального (рисского) оледенения [1] в пределах развития Донского и Днепровского ледниковых языков, а в экстрагляциальной области — в отложениях, синхронных надморенным образованиям. Мустьерские находки обычно приурочены к подморенным образованиям (под рисской мореной). Таким образом, весь верхний палеолит геологически относится ко времени между максимумом рисского (днепровского) оледенения и концом вюрмского (валдайского, или осташковского) оледенения. Об этом же говорят и фаунистические данные. Так называемый верхнепалеолитический фаунистический комплекс отвечает тому же отрезку времени.

Средний палеолит, или мустье, отвечает концу миндель-рисса и первой половине рисса (максимального днепровского оледенения). Последние находки под Сталинградом позволяют связать развитое мустье с концом хозарской трансгрессии в низовом Поволжье, а на Украине — с третьей террасой Днепра. Мустьерские стоянки сопровождаются фауной хозарского фаунистического комплекса, или так называемой мустьерской фауной.

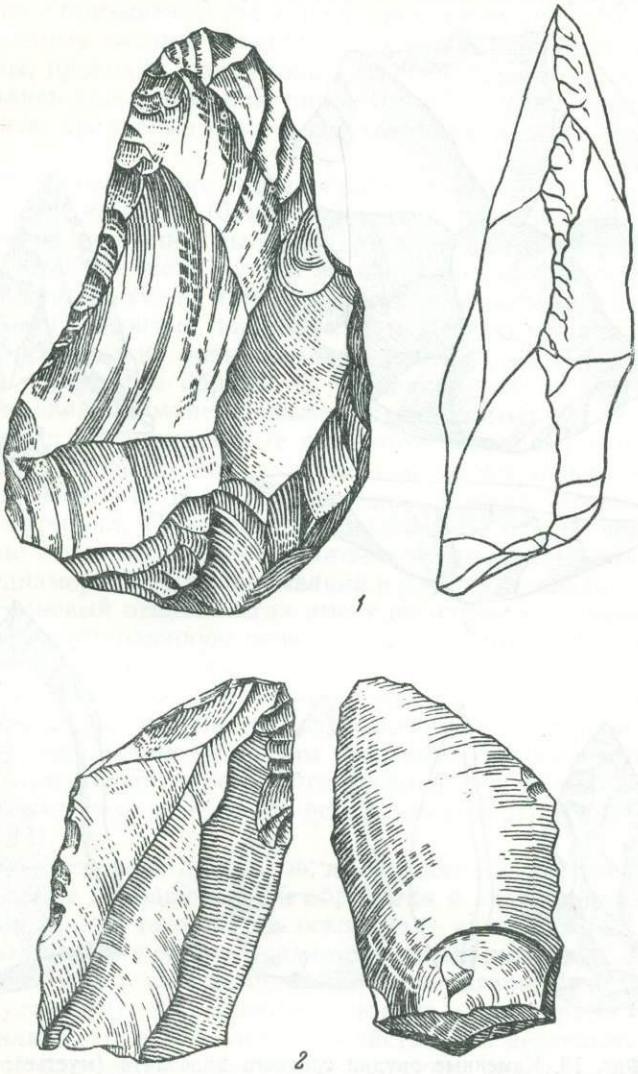
Соответственно, нижний палеолит сопоставляется с гюнцем, гюнц-минделем и минделем, а именно: дошелльская культура («клектон») — с гюнцем (хапровские пески, ергенинские пески), шелль сопоставляется с гюнц-минделем (скифские и сыртовые глины), ему сопутствует таман-

---

[1] Сопоставление стратиграфических подразделений четвертичного периода альпийской схемы (вюрм, рисс и др.) с подразделениями предлагаемой нами схемы дано в табл. 3.

ский фаунистический комплекс. Поздний шелль и ашель сопоставляются с минделем (тираспольский гравий) с сопутствующим ему тираспольским фаунистическим комплексом.

Нижнепалеолитические кремневые орудия труда отличаются сравнительно небольшим разнообразием форм. Наиболее типичны из них крупные



Фиг. 18. Каменные орудия нижнего палеолита:

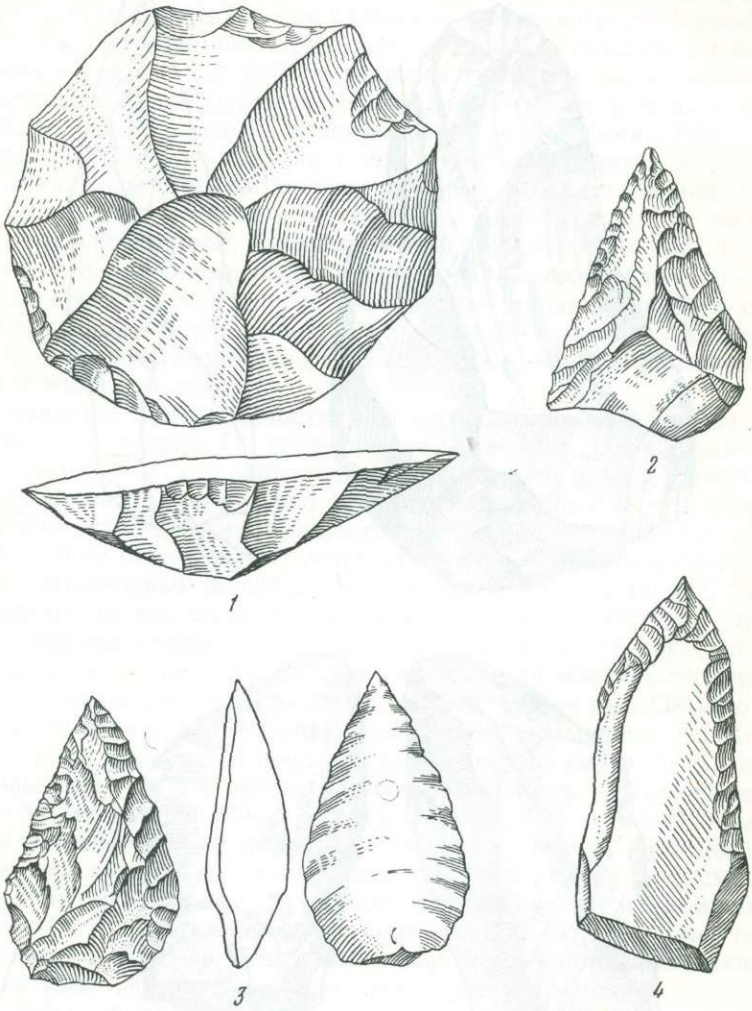
1 — ручное рубило типа шелль; *2* — пластина типа левалуа (конец ашеля)

так называемые «ручные рубила», изготовленные из целого куска кремня путем грубых сколов, формирующих некоторое подобие заостренного клина (фиг. 18).

Для среднего палеолита весьма характерно наличие дисковидных ядриц («нуклеусов»), с которых в разных направлениях скалывались широкие пластины, используемые, после некоторой дополнительной обработки, как скребла (фиг. 19). Весьма типичны для этого времени сравнительно не-

большие (5—6 см) так называемые мустьерские остроконечники (фиг. 19).

Резкие изменения в составе инвентаря человека, выразившиеся в большом разнообразии орудий труда и в появлении ряда новых форм, свидетельствующих о начавшейся обработке шкур и изготовлении одежды, произошли в эпоху верхнего палеолита. К этому времени относится появление



Фиг. 19. Каменные орудия среднего палеолита (мустье):
1 — дисковидный нуклеус; *2, 3, 4* — остроконечники

полуземлянок и шалашей и широко используются для жилья пещеры, что указывает на наступающее похолодание климата. Об этом свидетельствует и наличие элементов холодолюбивой фауны, впервые отмеченной среди «кухонных остатков» верхнепалеолитического человека (появление типичных мамонтов, мелкорогих бизонов, широкое распространение северных оленей, песцов, леммингов и других арктических форм даже на юге СССР — в Крыму). Следы холодного климата носит и флора, найденная в кострах верхнепалеолитического человека в Крыму.

Это похолодание связывается с временем наибольшего развития максимального оледенения. Следов другого столь же значительного похоло-

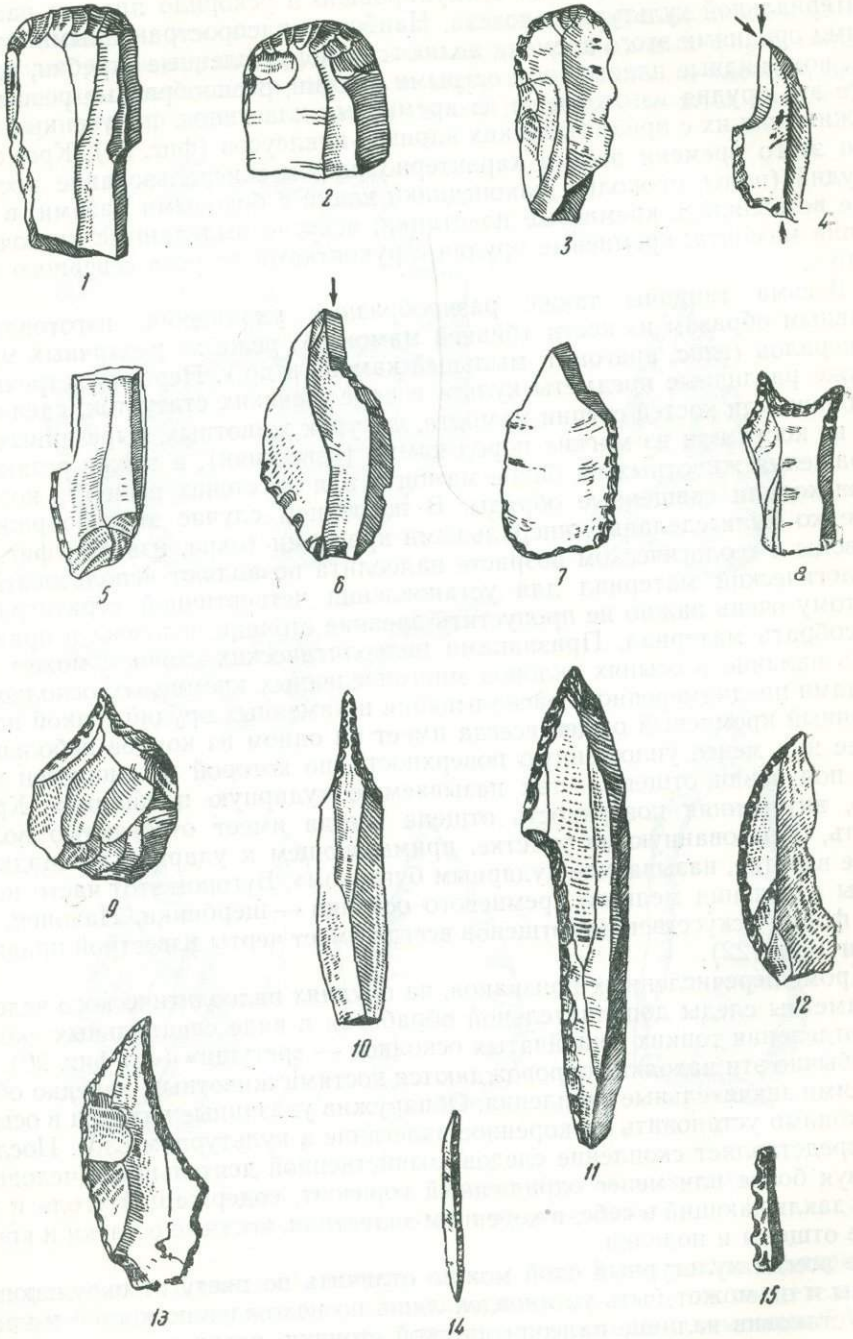
дания ни фауна, ни флора четвертичного периода не сохранили. Похолодание в значительной степени стимулировало и ускорило процесс развития материальной культуры человека. Наиболее распространенными кремневыми орудиями этого времени являются многочисленные скребки, проколки, ножевидные пластинки с острыми краями, разнообразные резцы и др. Все эти орудия изготовлены из кремневых пластинок, полученных путем отжимания их с призматических ядрищ—нуклеусов (фиг. 20). Кроме того, для этого времени весьма характерно широкое использование костяных орудий (пилы, проколки, наконечники копий с боковыми пазами, в которые вставлялись кремневые пластинки, искусно выделанные иголочки из бивня мамонта, кремневые орудия с рукоятками из рога северного оленя и пр.).

Весьма типичны также разнообразные украшения, изготовленные главным образом из кости (бивней мамонта), реже из различных мягких минералов (гипс, арагонит, мыльный камень и др.). Нередко встречаются также различные предметы культа в виде женских статуэток, сделанных из бивня или костей ступни мамонта, фигурок животных, вырезанных также из кости или из мягких пород камня (известняк), а также резные изображения животных на бивне мамонта или на стенах пещер, в которых происходили священные обряды. В последнем случае эти изображения нередко были сделаны минеральными красками (охра, известь; фиг. 21). Выводы о геологическом возрасте палеолита позволяют использовать археологический материал для установления четвертичной стратиграфии, поэтому очень важно не пропустить древние стоянки человека и правильно собрать материал. Признаками палеолитических стоянок может служить наличие в осыпях склонов многочисленных кремневых осколков со следами преднамеренного раскалывания и каменных орудий. Такой искусственный кремневый отщеп всегда имеет на одном из концов небольшую, более или менее уплощенную поверхность, по которой был нанесен удар при получении отщепа,— так называемую «ударную площадку». Кроме того, внутренняя поверхность отщепа всегда имеет отчетливую волнистость, образованную на участке, примыкающем к ударной площадке, и ясное вздутие, называемое «ударным бугорком». Бугорок этот часто носит следы отделения мелкого кремневого осколка — щербинки. Наконец, общая форма искусственных отщепов всегда имеет черты известной правильности (фиг. 22).

Кроме перечисленных признаков, на орудиях палеолитического человека заметны следы дополнительной обработки в виде специальных сколов или отделения тонких чешуйчатых осколков — «ретуши» (см. фиг. 20).

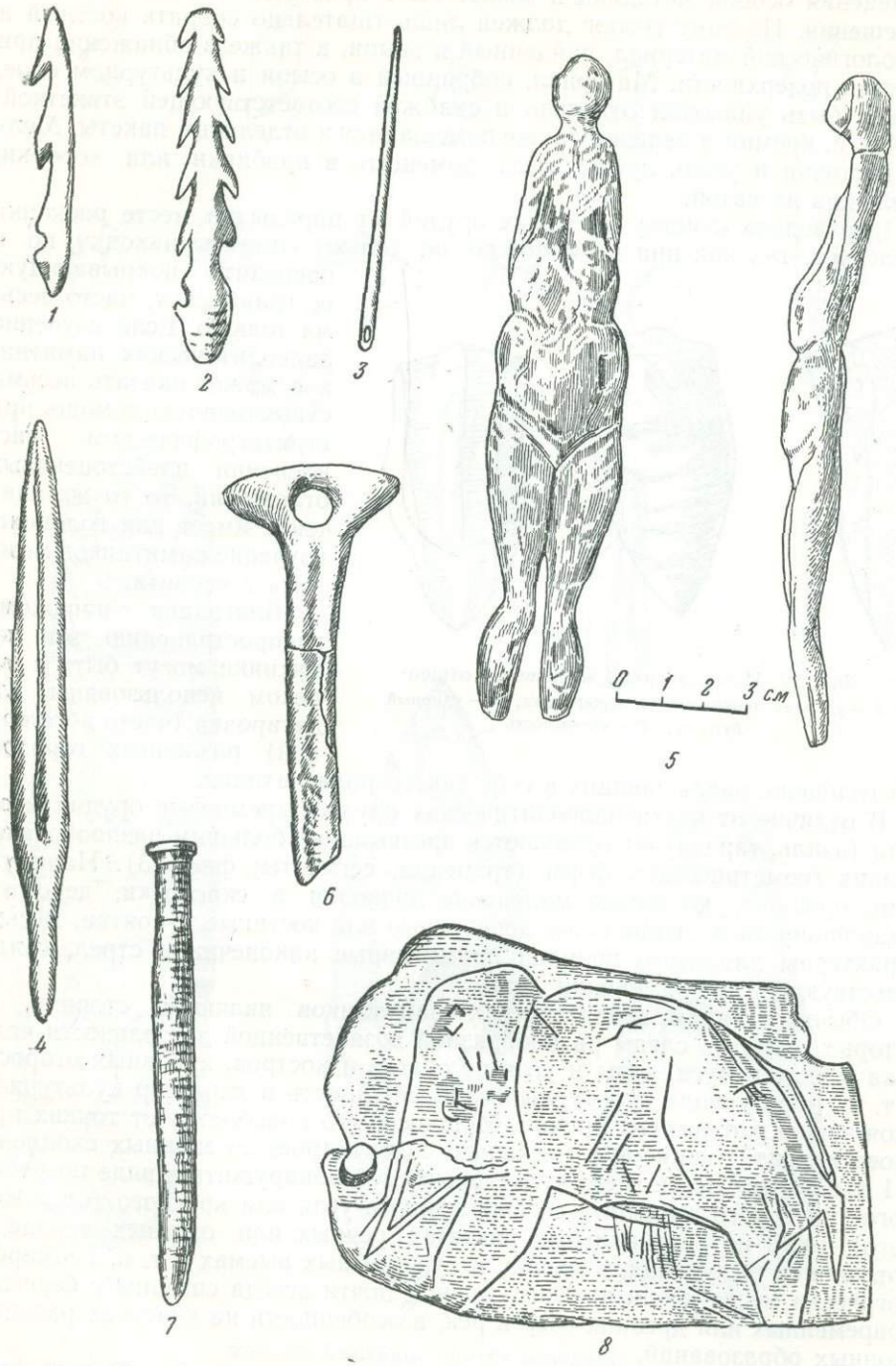
Обычно эти находки сопровождаются костями животных, нередко образующими значительные скопления. Обнаружив указанные находки в осыпи, необходимо установить их коренное залегание в культурном слое. Последний представляет скопление следов хозяйственной деятельности человека, образуя более или менее окрашенный горизонт, содержащий уголь и гумус и заключающий в себе, в коренном залегании, костные остатки и кремневые отщепы и поделки.

Не всегда культурный слой можно отличить по цвету от окружающей породы и он может быть установлен лишь по нахождению костей и кремней. Установив наличие палеолитической стоянки, необходимо произвести детальное изучение геологических условий, в частности, установить стратиграфическое положение культурного слоя по отношению к речным или морским террасам, с которыми связано данное местонахождение. Культурный слой должен быть прослежен на возможно большем протяжении. Необходимо отмечать колебания его мощности и степень насыщенности культурными остатками. Кроме геологических наблюдений, необходимо дать описание геоморфологических условий стоянки. Производство археологических



Фиг. 20. Каменные орудия верхнего палеолита:

1 — 3 — скребки на концах пластинок; *4 — 7* — резцы разных типов (стрелкой показан резцовый скол); *8* — двойное острие; *9, 10* — проколки; *11* — наконечник с выемкой; *12* — остроконечники; *13* — острие; *14* — ножевидная пластинка с ретушью; *15* — ножевидная пластинка с выемкой



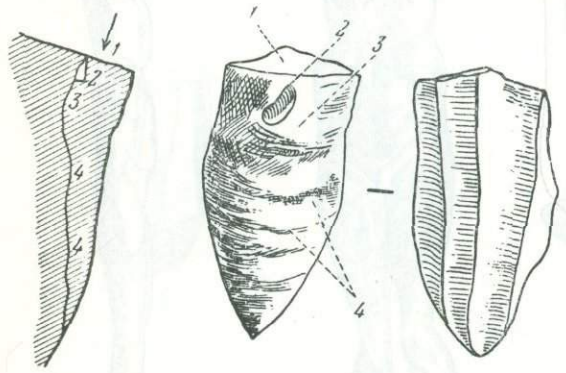
Фиг. 21. Костяные и роговые поделки верхнего палеолита:

1, 2 — гарпуны; *3* — игла из бивня мамонта; *4* — наконечник с продольной прорезью для вкладышей кремневых пластинок; *5* — женская статуэтка из бивня мамонта; *6* — рог северного оленя с отверстием у основания; *7* — костяная шпилька; *8* — гравюра мамонта на бивне

раскопок не входит в задачу геолога, так как подобная работа требует применения особой методики и может быть произведена лишь с особого разрешения. Поэтому геолог должен лишь тщательно собрать костный и археологический материал, найденный в осыпи, а также в обнажении при зачистке поверхности. Материал, собранный в осыпи и культурном слое, должен быть упакован отдельно и снабжен соответствующей этикеткой.

Кости, кремни и черепки также помещаются в отдельные пакеты. Мелкие косточки и уголь лучше всего помещать в пробирки или коробки, переложив их ватой.

Производить очистку костяных орудий от породы на месте раскопки не следует, так как при этом можно не только сломать находку, но и повредить покрывающую ее гравировку, часто весьма тонкую. Если изучение палеолитических памятников может оказать весьма существенную помощь при стратиграфическом расчленении плейстоценовых отложений, то то же значение имеет для голоцена изучение памятников мезолита и неолита.



Фиг. 22. Искусственный кремневый отщеп:
1 — ударная площадка; *2* — щербинка; *3* — ударный бугорок; *4* — волнистость

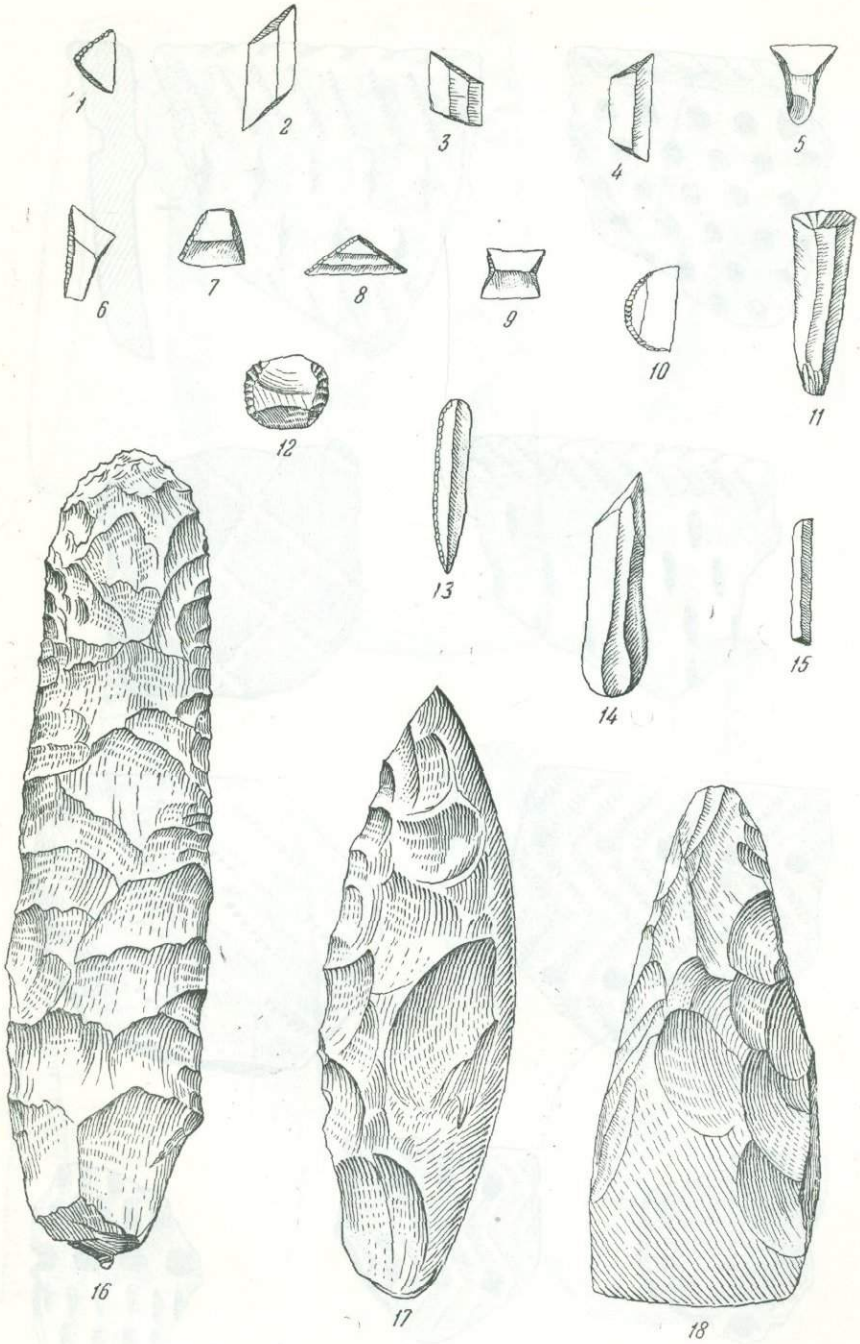
Благодаря широкому распространению эти памятники могут быть с успехом использованы для датировки (часто абсолютной) различных горизонтов голоцена, заключающих в себе такого рода находки.

В отличие от верхнепалеолитических орудий, кремневые орудия мезолита (азиль, тарденуаз) отличаются чрезвычайно большим разнообразием мелких геометрических форм (трапеции, сегменты; фиг. 23). Наряду с ними присутствуют также маленькие проколки и скребочки, вероятно, вставлявшиеся в специальные деревянные или костяные рукоятки. Весьма характерны для этого времени примитивные наконечники стрел, свидетельствующие о применении лука.

Обычным типом неолитических памятников являются стоянки, на которых остались следы разнообразной хозяйственной деятельности человека в виде гумуса, золы и угля от очагов и костров, кухонных отбросов и т. п., образующих культурный слой. Мощность и характер культурного слоя зависят от разных причин. Мощность его колеблется от тонких прослоев и линз, толщиной в несколько сантиметров, до мощных скоплений в 1 м и более. Легче всего культурный слой обнаружить в виде погребенного гумусового горизонта со скоплениями угля или красного (обожженного) песка на вертикальных разрезах речных или озерных террас, в котловинах выдувания, в дюнах, искусственных выемах и т. п. Геоморфологически места неолитических стоянок почти всегда связаны с берегами современных или древних озер и рек, в особенности на участках развития дюнных образований.

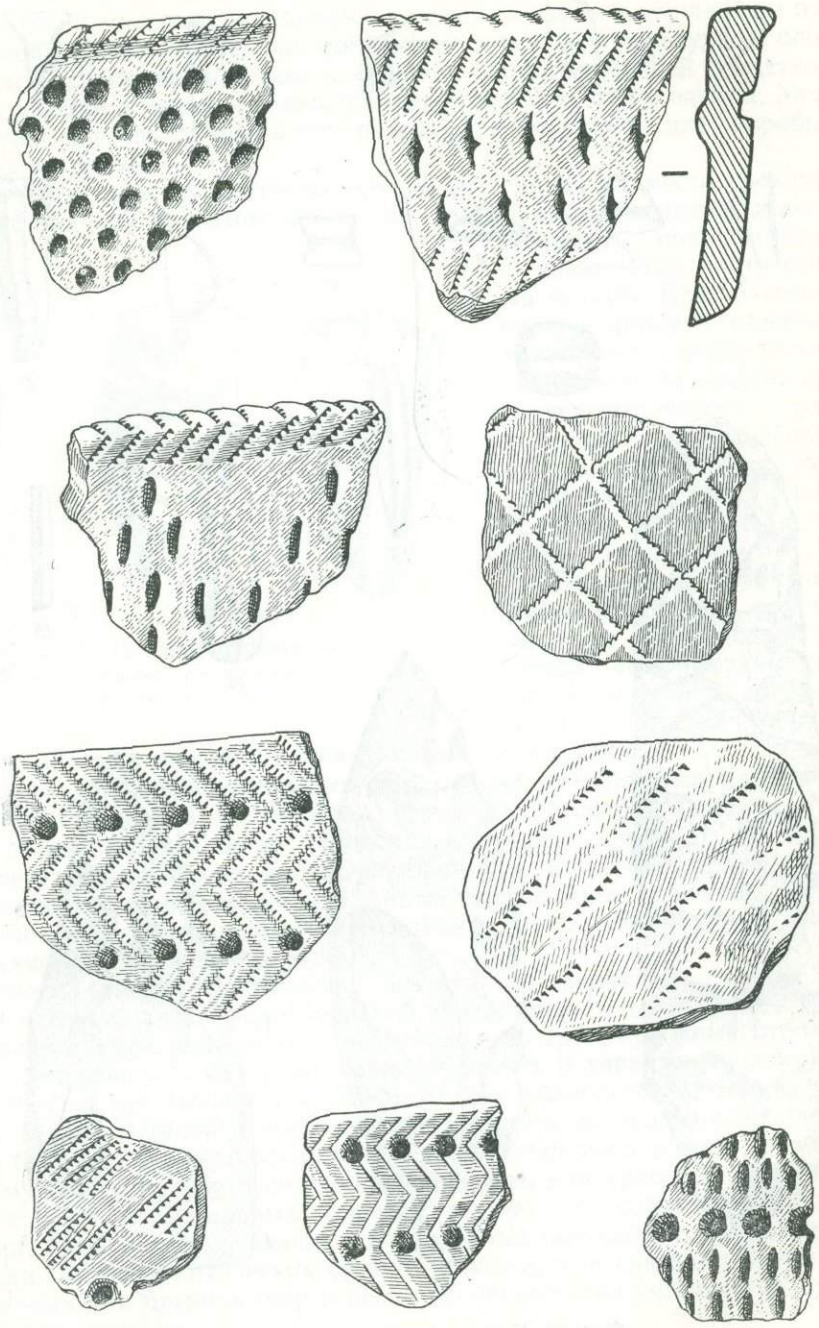
Очень характерно наличие в культурном слое многочисленных фрагментов керамики (фиг. 24). Керамика представляет весьма важный материал для хронологии, являясь своего рода руководящей окаменелостью для отдельных этапов голоцена.

Наряду с керамикой на стоянках находят каменные (кремневые) орудия: наконечники для стрел, ножевидные пластинки, скребки и т. п. Часто

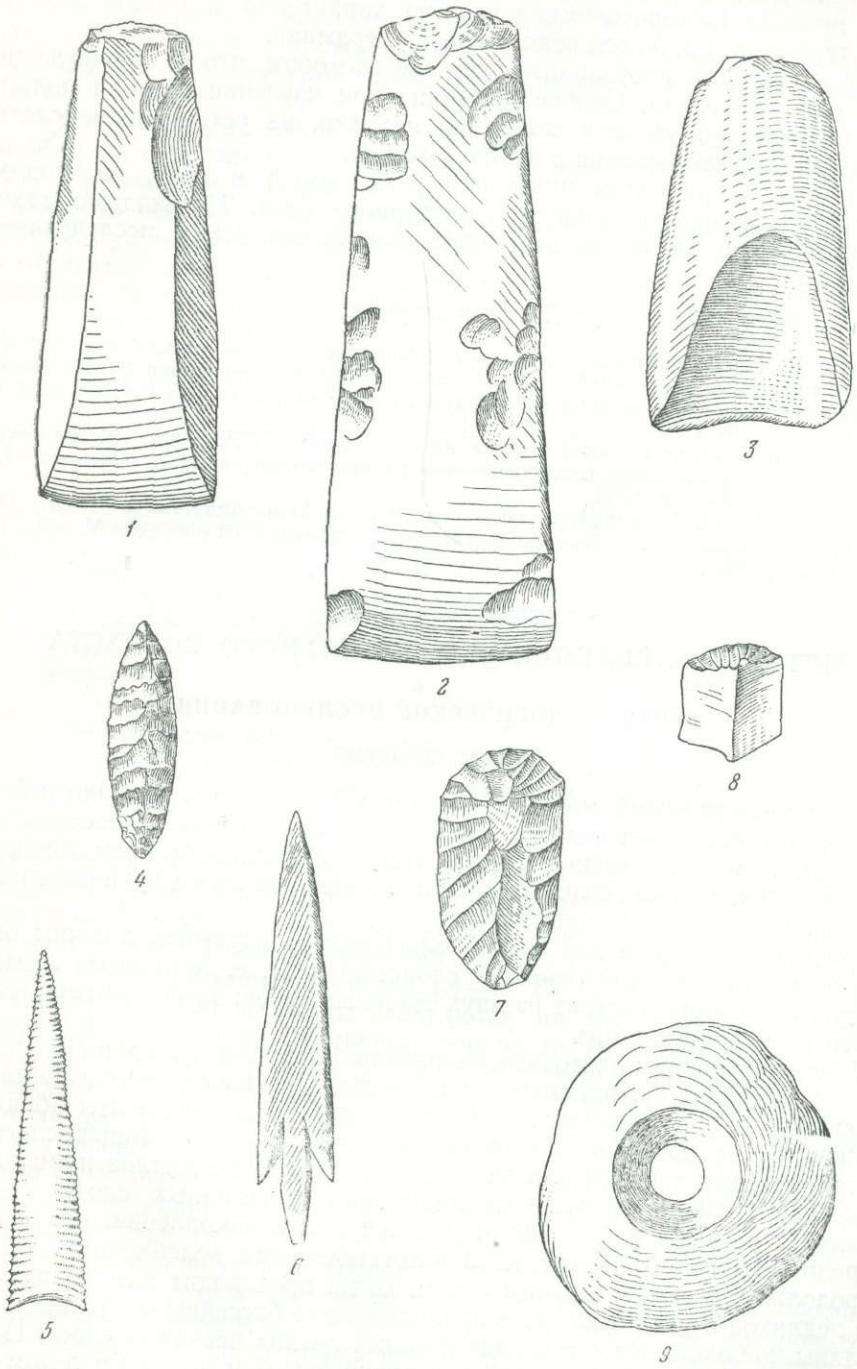


Фиг. 23. Каменные орудия мезолита:

1—10 — треугольники, трапециевидные и сегментовидные микролиты, служившие вкладышами в костяные орудия охоты; *11—13* — скребочки; *14, 15* — ножевидные пластины (без ретуши); *16, 17* — наконечники копий; *18* — топор



Фиг. 24. Керамика неолита: ямочно-гребенчатый, лунчатый и шнуровой штампы



Фиг. 25. Каменные орудия неолита:

1, 2 — шлифованные топоры; *3* — долото; *4, 5* — наконечники стрел из камня; *6* — наконечники стрел из кости; *7, 8* — скребки; *9* — грузило

попадаются шлифованные орудия типа долот и топоров, изготовленные из сланцев, зеленокаменных пород и т. п. (фиг. 25). Для наиболее ранних стадий неолита (докерамический неолит) характерно в общем наличие тех же типов орудий, но без всяких следов керамики.

Сбор материала производится тем же способом, что и при изучении памятников палеолита. Особое внимание при изучении стоянки должно быть обращено на условия залегания находки, на установление следов их возможного перемывания и переотложения.

Для стоянок, расположенных на берегах морей и озер, необходимо определить абсолютную отметку культурного слоя. Необходимо также послойное взятие образцов для микропалеоботанических исследований.

Литература

Громов В. И. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР (млекопитающие, палеолит). — Труды Инст. геол. наук Акад. наук СССР, 1948, вып. 64, серия геол. (№ 17).

Громов В. И. Палеолитический человек на территории СССР. В кн.: «Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений». Ч. 1. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Ефименко П. П. Первобытное общество. М.—Л., Изд. Акад. наук СССР, 1936.

Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений. М.—Л., Госгеолиздат, 1940.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общие сведения

Геохронологический метод позволяет устанавливать абсолютный или относительный возраст осадков. Он основан на подсчете и сопоставлении годичных лент в ленточных глинах озерно-ледникового происхождения, озерных илах, осадках соленых озер или годичных колец крупных древесных стволов (дендрохронология).

Осадки, пригодные для геохронологического изучения, должны обладать четко выраженной сезонной слоистостью, т. е. годичными лентами, каждая из которых состоит из двух сезонных слоев: зимнего—глинистого, и летнего — песчанистого.

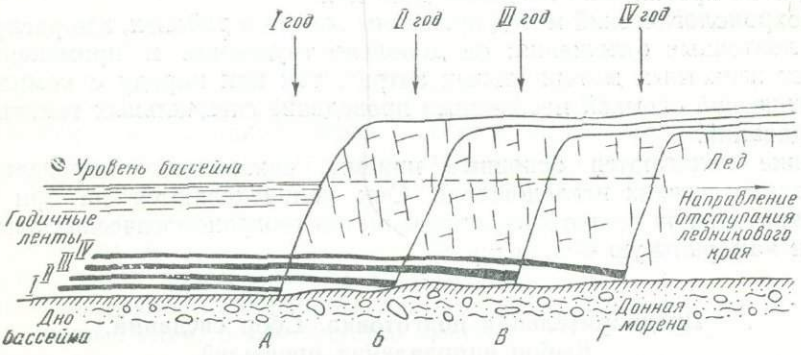
Обычно типичные ленточные отложения образуются в крупных пресноводных бассейнах с относительно одинаковым режимом осадконакопления на обширных пространствах. Вследствие этого годичные ленты обладают исключительно постоянными составом и мощностью сезонных слоев на протяжении многих десятков километров. Изменение состава и мощности отдельных годичных лент, а следовательно и сезонных слоев, бывает связано с резкими изменениями условий осадконакопления, что в свою очередь обычно обусловливается климатическими колебаниями. В годы с продолжительным и жарким летом, когда происходит интенсивное таяние ледников и реки выносят в приледниковые бассейны много песка, ила и глины, наблюдается отложение мощных летних песчаных слоев. Наоборот, в годы с продолжительной и суровой зимой и коротким летом реки выносят в приледниковые бассейны значительно меньше взвешенного материала, вследствие чего образуются менее мощные, обычно глинистые ленты.

В отдельных разрезах ленточных отложений удается наблюдать от нескольких десятков до нескольких сотен, реже до 2—3 тысяч годичных

лент. Иногда среди множества лент одинаковой мощности встречаются одна или несколько годичных лент большей или меньшей мощности. Такие ленты могут служить в разрезах опорными, маркирующими. Опорные ленты удается легко обнаружить во многих разрезах ленточных отложений, находящихся на расстоянии нескольких десятков километров один от другого.

Это обстоятельство позволяет сопоставлять годичные ленты в смежных обнажениях с абсолютной точностью, т. е. прослеживать одну и ту же ленту в нескольких обнажениях.

На этом основан метод геохронологических сопоставлений, или «конексий». Сущность его заключается в следующем. Годичные слои начинают отлагаться на дне приледникового озера сразу же после исчезновения ледника в данном пункте (точки *А, Б, В, Г* на фиг. 26). Следовательно,



Фиг. 26. Схема последовательных положений отступающего края ледника в течение четырех сезонов и образование соответствующих годичных лент на дне приледникового бассейна

нижняя лента, залегающая непосредственно на донной морене, в точке *А*, образуется в течение первого года с момента отступания ледника. Потепление климата в конце ледниковых эпох вызывает ежегодное сокращение ледникового края. Поэтому ежегодно от льда освобождаются все новые площади дна приледникового озера (*А—Б*, *Б—В*, *В—Г* и т. д.), и вновь образующиеся годичные ленты отлагаются на все бо́льших площадях. Поэтому, если в разрезе *А* годичных лент на две больше, чем в разрезе *В*, то очевидно, что край ледника отступил из пункта *А* на два года раньше, чем из пункта *В*. Сопоставляя таким образом разрезы, удаленные друг от друга на несколько километров, и устанавливая разности в количестве лент от морены до характерного опорного слоя, мы можем установить, в течение скольких лет отступал ледник между исследованными разрезами.

Если сопоставлять разрезы, расположенные в направлении отступания ледникового края (т. е. параллельно озам и перпендикулярно конечным моренам), то можно узнать скорость отступания ледника в годах.

Прослеживая геохронологические соотношения по линиям профилей т. е. сопоставляя замеры лент в целой серии разрезов, строят геохронологические диаграммы, по которым можно установить скорость отступания ледникового края на большой территории, а также продолжительность остановок ледникового края, во время которых образовывались конечные морены.

Геохронологический метод позволяет определять продолжительность климатических изменений, а также продолжительность разных геологических событий.

Путем последовательного прослеживания геохронологических связей (коннексий) в Швеции с юга на север удалось дотянуть наблюдения до оз. Рагунда, на дне которого годичные ленты продолжали отлагаться до 1794 г., когда это озеро было спущено и образование ленточных отложений прекратилось. Это позволило привязать геохронологические профили к точно датированному историческому событию и таким образом связать геохронологическую шкалу с абсолютной хронологией.

Геохронологические исследования широко применялись в ряде стран. В Советском Союзе геохронологический метод был успешно применен К. К. Марковым в Карельской АССР, Ленинградской, Псковской и Новгородской областях, а также в Эстонской ССР. Все эти исследования позволили в деталях восстановить геологическую историю отступания последнего ледникового покрова, а также приледниковых бассейнов в Фенноскандии на протяжении позднеледниковья.

Геохронологический метод применим только в районах, где распространены ленточные отложения; он довольно трудоемок и применение его требует известных материальных затрат, так как наряду с комплексной геологической съемкой необходимо проведение специальных тематических исследований.

Ниже излагаются основные приемы, связанные с производством геохронологических исследований. Они подразделяются на три этапа: предварительную подготовку, производство геохронологических замеров в поле и камеральную обработку.

Предварительная подготовка. Сбор сведений. Выбор направления профилей

Для составления геохронологических диаграмм и профилей требуется максимальное количество геохронологических замеров, расположенных по заранее намеченным профилям, ориентированным в направлениях, перпендикулярных к краю ледника, т. е. перпендикулярно конечным моренам и параллельно озам и ледниковым шрамам.

Перед выездом в поле необходимо собрать полные сведения о распространении ленточных отложений, изучить геологические карты четвертичных отложений, а также геоморфологические карты. Следует нанести на карту площади распространения ленточных отложений, а также места расположения наиболее крупных обнажений.

Намечаются также предварительно направления будущих профилей, вдоль которых отдельные замеры должны располагаться не реже чем через 5—10 км один от другого. Желательно производить замеры на расстоянии 2—3 км. Однако не следует ограничиваться производством замеров только вдоль какой-нибудь одной намеченной линии (профиля). Замеры, расположенные более или менее равномерно на всей исследуемой территории, т. е. в стороне от линии намеченных профилей, позволяют дополнить недостающую часть в основном профиле.

Расстояние между отдельными профилями может быть весьма различным, например от 5 до 50 км, в зависимости от орографических условий, определяющих, в свою очередь, характер распространения ленточных отложений. Очевидно, что профили, расположенные на близких расстояниях, позволят более точно наметить линии положения края ледника.

Длина правильно выбранных профилей, ориентировка которых соответствует направлению отступания ледника, может достигать нескольких сотен километров.

В окрестностях Ленинграда замеры произведены непрерывно на протяжении 75—80 км, а в районе Онежского озера — до 150 км.

Производство полевых работ. Выбор места для шурфовки. Расчистка стенки шурфа для производства замеров

Для производства замеров приходится пользоваться естественными и искусственными разрезами.

Место для шурфа следует выбирать с таким расчетом, чтобы шурф не залило водой и чтобы по возможности меньше был слой вскрыши. Желательно ориентировать шурф так, чтобы вертикальная стенка, предназначенная для замера, была хорошо освещена. Это необходимо потому, что часто годичные слои, вследствие однородного механического состава зимних и летних лент, трудно различаются между собой.

Если толща ленточных отложений достигает значительной мощности и расчистить вертикальную стенку на большую глубину трудно, рекомендуется делать вертикальные ступенчатые расчистки. Не следует делать наклонных расчисток, в особенности с разными углами наклона, так как в таком случае при замере получится искаженная (преувеличенная) мощность лент.

После того как расчистка или шурф выкопаны, необходимо произвести тщательную, «чистовую» вертикальную расчистку всей толщи ленточных отложений вдоль одной стенки, с таким расчетом, чтобы были ясно видны все годичные ленты. Эту окончательную расчистку должен производить специалист, который будет делать геохронологический замер. Для такой чистовой обработки стенки шурфа удобно пользоваться специальными лопаточками, которые употребляют печники, только необходимо предварительно напильником заточить края лопатки.

Если глины сильно увлажнены, липнут, трудно расчищаются и неясно видны годичные слои, рекомендуется замер несколько задержать, чтобы дать глине немного подсохнуть. Тогда летние песчаные слои, которые быстрее высыхают, посветлеют, а глинистые останутся темными.

Особенности толщи ленточных отложений. Для геохронологических сопоставлений необходимо использовать не только мощность отдельных лент, но и другие свойства ленточных отложений — цвет, механический состав, т. е. применять всестороннее, детальное литологическое описание с целью выделения стратиграфических горизонтов, подгоризонтов и пачек годичных лент.

При сравнении разных горизонтов принимаются во внимание все их свойства, а не одна лишь мощность лент. Ленточные отложения в разных районах обладают различным внешним видом и составом, в значительной мере усложняющим производство геохронологических исследований.

Мощность ленточных осадков колеблется в значительных пределах — от 1 до 20 м и более. Обычно в мощной толще ленточных отложений удается установить несколько горизонтов, отличающихся по внешнему виду лент. Так, в окрестностях Ленинграда устанавливается семь горизонтов, среди которых ясно выделяются несколько маркирующих лент, обладающих большой мощностью и характерной окраской.

Верхние горизонты ленточной толщи обычно становятся песчанистыми и постепенно утрачивают отчетливую ленточность.

В окрестностях Ленинграда число лент с постоянной мощностью в отдельных разрезах колеблется в пределах от 120 до 300. Общее число лент в отдельных разрезах достигает 500—600.

В Карелии устанавливаются пять подгоризонтов в толще ленточных отложений, среди которых также ясно выделяются характерные опорные ленты и маркирующие подгоризонты. Ленточные глины в Карелии отличаются чрезвычайно тонкой слоистостью. Здесь мощность некоторых годичных лент всего 1—2 мм. Общее число лент в разрезах достигает 1000.

Производство геохронологических замеров возможно только при условии, что ленточные отложения обладают четко выраженной сезонной сло-

истостью, мощность годичных лент сохраняется в горизонтальном направлении и все ленты согласно налегают друг на друга.

Этим условиям отвечают нормальные, типичные ленточные глины. Но наряду с ними существует много разновидностей ленточных отложений, которые не обладают перечисленными выше свойствами и поэтому непригодны для производства геохронологических исследований. Так, верхние горизонты толщи ленточных отложений, несмотря на ясно выраженную слоистость, иногда обладают непостоянной мощностью песчаных летних слоев. Поэтому мощность лент в горизонтальном направлении у таких ленточных отложений подвержена значительным колебаниям и, следовательно, точная стратиграфическая увязка, основанная на сопоставлении мощностей синхронных лент в разных разрезах, становится невозможной.

Затруднено производство замеров и в тех случаях, когда отдельные пачки вполне типичных лент чередуются с прослоями морены или с прослоями смятых ленточных глин. Такие разрезы не всегда удается сопоставить между собой и точно увязать с соседними разрезами.

Трудно производить геохронологические замеры в толщах ленточных глин, которые состоят всего из нескольких лент. В таких случаях не всегда удается производить стратиграфическую корреляцию слоев. В районах распространения таких отложений замеры следует делать через 2—3 км.

Изучение и описание разреза. Прежде чем приступить к производству геохронологического замера, необходимо осмотреть все обнажение или все стенки карьера и составить себе общее представление о всей толще ленточных отложений и об условиях ее залегания.

Необходимо выяснить следующее:

1) Мощность толщи ленточных отложений и ее колебания в разных частях разреза.

2) Является ли вся толща однородной или могут быть намечены отдельные горизонты и подгоризонты, отличающиеся по характеру ленточности (цвету, мощности, механическому составу, выдержанности в горизонтальном направлении).

3) Насколько ясно выражены годичные ленты и какова их мощность. Возможно ли вообще производство геохронологического замера.

4) Ясно ли выражены зимние и летние слои в пределах каждой ленты — наблюдается ли резкое отличие в механическом составе зимней и летней ленты.

5) Сколько примерно годичных слоев насчитывается во всем разрезе. Произвести сравнение с соседними разрезами.

6) Заметны ли на глаз ленты, выделяющиеся своей мощностью (дренажные, опорные), и хорошо ли они выдерживаются на протяжении всего разреза.

7) Не встречались ли обнаруженные опорные ленты в соседних разрезах (предварительное стратиграфическое сопоставление).

8) Имеются ли выходы подстилающей ленточные отложения морены и ясно ли видны нижние ленты. Если морена в естественном разрезе не обнажена, необходимо заложить шурф, чтобы вскрыть нижние ленты и выявить контакт их с мореной.

9) Каков рельеф поверхности морены (есть ли в морене неровности, ямы, бугры) и каков характер залегания нижних лент на контакте с мореной.

10) Есть ли на контакте с мореной и в нижних лентах валуны. Как ленты облегают валуны. Встречаются ли валуны и гальки во всей ленточной толще.

11) Каковы размеры гальки и валунов, как они залегают. Нет ли следов смятия лент, подстилающих валуны.

12) Не прерывается ли напластование лент в некоторых местах ленточной толщи прослоями морены.

13) Каков характер залегания лент — горизонтальный, волнистый или сильно нарушенный. Нет ли между горизонтально залегающими лентами отдельных пачек смятых в складки лент (это сильно затрудняет производство замера).

14) Нет ли значительных дислокаций и нарушений в залегании всей толщи ленточных отложений (гляциодислокации или, в отдельных частях разреза, местные нарушения, вызванные скольжением по слою и давлением айсбергов). В таких случаях производство геохронологического замера следует перенести в другое место, где слоистость не нарушена.

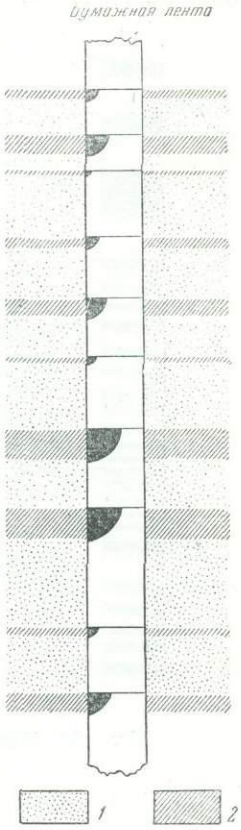
15) Все особенности данного разреза необходимо тщательно записать и зарисовать, отвечая примерно на все перечисленные выше вопросы.

16) Весьма желательно сфотографировать толщу ленточных отложений (общий вид), а также произвести снимки отдельных частей разреза — участков с опорными лентами, микроскладчатость, включения валунов и гальки.

Детальная фиксация всех особенностей каждого разреза ленточных отложений облегчает стратиграфическое сопоставление, т. е. установление связи с соседними разрезами.

Производство замера. После общего ознакомления с разрезом нужно выбрать наиболее удобное место для производства геохронологического замера. Необходимо, чтобы наиболее полно была представлена толща ленточных отложений и в основании разреза обнажалась морена.

Производится замер мощности каждого годичного слоя. Для этого к стенке обнажения прикладывают вертикально натянутую бумажную ленту. В тех случаях, когда слои залегают наклонно, ленту необходимо ориентировать перпендикулярно слоистости (т. е. не отвесно).



Фиг. 27. Геохронологические замеры ленточных отложений:

1 — летний слой (супесь); 2 — зимний слой (глина)

Плотно пригнав бумажную ленту к поверхности разреза и укрепив ее при помощи гвоздя или палочки, начинают на бумаге отмечать карандашом границы каждой ленты и слоев внутри нее (фиг. 27). При этом сначала следует отметить чертой наиболее резко выраженную верхнюю границу глинистой ленты, т. е. ее контакта с песчаным слоем вышележащей ленты, а затем штриховкой или лункой отметить толщину глинистого зимнего слоя. В качестве бумажных лент рекомендуется употреблять бумажные и картонные катушки, применяемые в автоматических кассах для выбивания чеков.

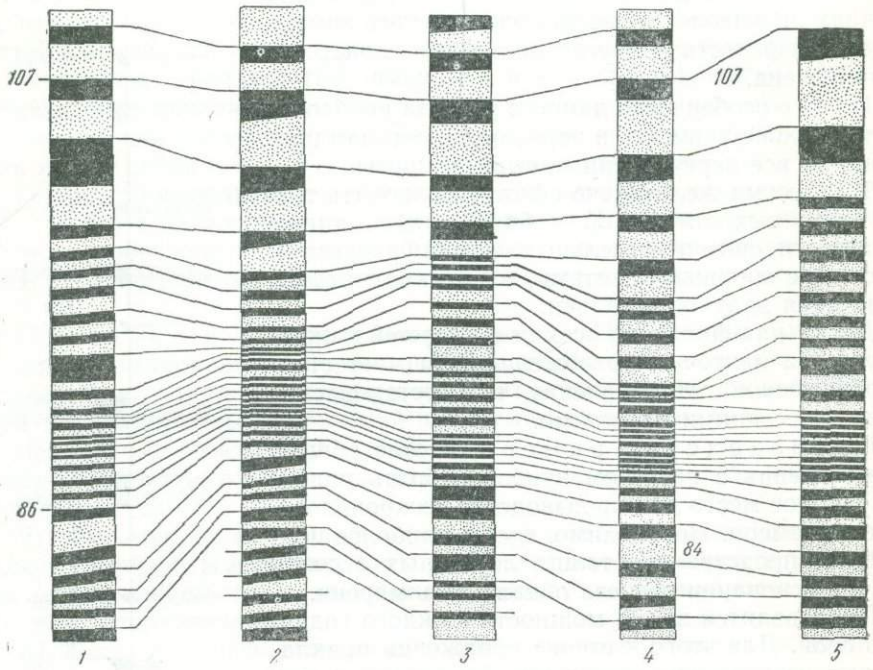
Рекомендуется замерять весь разрез снизу доверху, если же это по каким-либо причинам невозможно (например, когда верхние горизонты теряют отчетливую слоистость), то можно ограничиться замером средней и нижней части толщи, насколько это позволяет достаточно ясная слоистость.

С особой тщательностью должны быть замерены нижние ленты — от контакта с мореной до тех лент, которые для данного разреза и всего района являются маркирующими (опорными), позволяющими производить увязку (фиг. 28) с соседними разрезами.

Если среди ясно выраженных лент встречаются отдельные прослои с неясной слоистостью, подсчет лент этой части толщи производится приближенно и об этом на краю бумажной ленты делается соответствующая пометка в пределах зоны с неясной слоистостью. Замер лент в таком прослое может быть произведен по монолиту в камеральной обстановке.

В результате произведенного замера на бумажной ленте остается зафиксированным количество лент в разрезе и их мощность.

На ленте, кроме черточек, обозначающих мощность годичных слоев, надо на верхнем, свободном конце поставить номер и записать точно



Фиг. 28. Коннексии ленточных глин в окрестностях Ленинграда (по К. К. Маркову и И. И. Краснову):

1 — Дибуны; *2* — Конная Лахта; *3* — Дачное; *4* — Зиновьево; *5* — Овцино

местоположение пункта замера, а на нижнем конце отметить, доведен ли разрез до морены или нет. Если почему-либо замер до морены не доведен (шурф заливает вода и т. п.), то рекомендуется при помощи легкого ручного бура попытаться установить, глубоко ли залегает морена, и определить примерное количество лент, оставшихся до нее.

Перед окончанием работы необходимо на месте точно нанести на полевую карту пункт и номер замера.

К концу периода полевых работ накапливается такое количество геохронологических замеров (лент), сколько пунктов было подвергнуто исследованию.

Иногда ленточные глины обладают настолько тонкой сезонной слоистостью (меньше 1 мм), что в полевой обстановке невозможно сосчитать число лент и произвести геохронологический замер. В таких случаях необходимо взять монолит из того горизонта или подгоризонта, который состоит из тонких лент, а замер отложить до камеральной обработки.

На ленте геохронологического замера надо отметить чертой границу верхнего и нижнего конца взятого монолита и указать его номер. На моно-

лите также делается пометка с обозначением номера и его верхнего и нижнего концов.

Если толща с неясно выраженной слоистостью достигает большей мощности, чем нормальная длина монолита (0,5 м), то берут серию монолитов, причем монолиты располагают таким образом, чтобы край одного монолита захватывал часть слоев другого монолита.

Монолитные ящики обычно изготовляются из оцинкованной или простой жести. Стандартные размеры монолитов следующие: длина 50 см, ширина 5—6 см, высота 3,5—4 см.

Камеральная обработка

После получения ряда замеров необходимо произвести их обработку, т. е. построить по ним диаграммы и затем сопоставить эти диаграммы между собой для установления геохронологических связей.

Диаграммы строятся следующим образом: на листы миллиметровой бумаги наносят горизонтальные линии, каждая из которых соответствует одному замеру. По горизонтали наносится шкала времени, т. е. равные промежутки в 5—10 мм, соответствующие годам. Затем с лент полевых замеров пропорциональным циркулем переносят на диаграмму мощности годичных лент, отдельно зимнего и летнего слоев. Эти мощности откладываются по вертикали, справа налево, начиная от самой нижней ленты, залегающей на морене. При этом необходимо избрать определенный масштаб для нанесения на диаграмму мощностей лент, с таким расчетом, чтобы различные мощности лент отчетливо выявлялись на построенных диаграммах. После нанесения точек мощностей каждой годичной ленты и сезонных слоев следует соединить линиями точки замеров разных годичных лент. Получится зигзагообразная линия, на которой пики будут соответствовать лентам с максимальной мощностью. Для большей наглядности рекомендуется закрашивать или штриховать промежуток между мощностями летнего и зимнего слоев.

Когда все геохронологические замеры будут перенесены на диаграммы, следует разложить их друг над другом в порядке расположения замеров по линиям намеченных полевых профилей и совместить пики на диаграммах, соответствующие опорным лентам на смежных замерах.

Таким путем все замеры будут увязаны между собой, будут установлены геохронологические коннексии и можно определить, в относительном летоисчислении, время начала отложения ленточных осадков во всех точках произведенных замеров. Конечным этапом работы является нанесение на карту всех точек геохронологических замеров и линий профилей и соединение изолиниями синхронных точек. В результате на карте получаются контуры последовательных стадий отступания ледникового края.

В тех случаях, когда геохронологические отсчеты или замеры можно увязать в непрерывную цепь, позволяющую установить связи с историческим временем или с одной из эпох послеледникового времени, удается установить абсолютный возраст осадков или геологических событий. Так, например, при помощи геохронологического метода была точно реконструирована история отступания последнего ледникового покрова в Фенноскандии, Прибалтике и Северной Германии, т. е. был установлен абсолютный возраст всех ледниковых стадий и связанных с ними конечных морен, начиная от померанской стадии (не менее 18 000 лет до наших дней).

В окрестностях Ленинграда, а также в бассейне Онежского озера по ленточным отложениям также удалось восстановить в абсолютном летоисчислении геологическую историю послеледникового времени.

Однако геохронологический метод можно применять и в таких случаях, когда не удается связать данные геохронологических замеров с абсолют-

ным репером. В таких случаях мы можем установить лишь относительный геологический возраст или относительную продолжительность времени образования осадков.

Среди четвертичных отложений, обладающих отчетливой сезонной ритмичностью, т. е. ленточностью, кроме озерно-ледниковых ленточных глин, широко распространены озерные донные иловые отложения, а также осадки соленых озер. Предварительные исследования в пределах Северного Казахстана и в Западной Сибири показали, что по отложениям соленых озер можно при помощи геохронологических исследований восстановить в абсолютном летоисчислении всю историю развития этих бассейнов и характер изменений климата.

РАДИОУГЛЕРОДНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Абсолютный геологический возраст четвертичных отложений определяется не только геохронологическим методом, но и методами радиогеологии. За последние годы разработаны методы определения возраста для сравнительно небольших отрезков времени: радий-урановый и актиний-радиевый — до 300 тысяч лет, иониевый — до 100 тысяч лет и радиоуглеродный — до 45 тысяч лет. Наиболее точный метод — радиоуглеродный — находит все большее применение при археологических и геологических исследованиях. Сущность его заключается в следующем. Известно, что радиоактивный изотоп углерода C^{14} образуется в верхних слоях атмосферы под влиянием бомбардировки космических лучей нейтронами, выбивающими из ядер N^{14} протоны по формуле:

$$N^{14} + n \rightarrow C^{14} + P \text{ (протон)}. \qquad (1)$$

Распад C^{14} происходит путем выбрасывания из ядра β-частицы (электрона), по формуле:

$$C^{14} - e \rightarrow N^{14}. \qquad (2)$$

Период полураспада для C^{14} составляет $T = 5568 \pm 30$ лет. Отношение $\frac{C^{14}}{C^{12}}$ в атмосферной углекислоте постоянно, и динамическое равновесие между реакциями (1) и (2) составит:

$$\frac{C^{14}}{C^{12}} = 10^{-8}.$$

Такое же отношение $\frac{C^{14}}{C^{12}}$ наблюдается и в живых организмах (животных и растениях), поскольку они непрерывно усваивают углерод из атмосферы; растения ассимилируют его непосредственно из воздуха (фотосинтез), а животные усваивают углерод, питаясь растениями. Длительность их индивидуальной жизни исчезающе мала по сравнению с периодом полураспада C^{14}. После смерти растения или животного в мертвом органическом веществе прекращаются процессы обмена, C^{14} перестает поступать, а наличное его количество постепенно уменьшается вследствие распада. Если принять содержание C^{14} в живом организме за 100%, то с течением времени оно будет уменьшаться следующим образом:

	C^{14}
1956 г. (дата гибели) . . .	100 %
7526 г.	50 »
13092 г.	25 »
18660 г.	12,5 »
24228 г.	6,5 »

Определив таким образом количество C^{14} в каком-либо палеонтологическом объекте, можно судить о количестве лет, прошедших со времени гибели животных или растений.

Аналитические методы, применяемые в настоящее время, использующие измерения активности твердого углерода, не позволяют вычислять возраст пород по C^{14}, если они древнее 30 тысяч лет, так как остается слишком малое количество C^{14}. Через 5568 лет его содержание сокращается вдвое, а спустя 20—25 тысяч лет остается совсем ничтожное количество C^{14}. Поэтому такой радиоуглеродный метод применим для установления возраста главным образом голоценовых и верхнеплейстоценовых отложений. Возраст более древних—средне- и нижнеплейстоценовых отложений приходится определять ониевым и другими радиоактивными методами. Известно, что продолжительность четвертичного периода, оценивавшаяся ранее приближенно в 1 млн. лет, в последнее время более точно определяется в 600 тыс. лет. Для расширения возможностей метода начали измерять активность не твердого углерода, а газообразных его соединений, синтезированных из датируемых образцов (CO_2,C_2H_2,C_2H_6, CH_4 и др.).

Кроме того, начали применять сцинтилляционный метод, основанный на счете активности радиоуглерода органического соединения, синтезированного из углерода датируемого образца. Этими методами можно датировать образцы до 40—45 тысяч лет.

Погрешность метода составляет 5—10% и лишь в случае ряда повторных определений — меньше 5%, при условии возможности установления влияния посторонних радиоактивных излучений и космических лучей.

При условии соблюдения всех предосторожностей и наличии хорошо оборудованной лаборатории ошибки в определении возраста не превышают 5%, если только не произошло обогащения образца более молодыми органическими веществами еще in situ. Обычно точность определений для пород, датируемых 8—10 тысячами лет до н. э., колеблется от ±400 до ±800 лет; для пород, датируемых 3—8 тысячами лет до н, э., — от ±300 до ±500 лет; для более молодых от ±100 до ±300 лет. В случае загрязнения образцов органическими веществами ошибка определения абсолютного возраста четвертичных отложений может достигать тысячелетия, иногда даже первого десятка тысяч лет.

Отбор образцов. Ценность радиоуглеродного метода состоит в том, что при его помощи можно устанавливать возраст по органическим остаткам не только хорошей сохранности, поддающимся определению до вида или рода, но и по их обломкам, палеонтологически не определимым. Так, например, возраст известного таймырского мамонта был определен в 12 000 лет, что хорошо согласуется с другими данными.

Метод требует взятия около 20 г навески углерода из органического вещества пробы, ее химической подготовки и достаточно длительного исследования — подсчета импульсов в счетчиках измерительной аппаратуры. На одну пробу требуется примерно неделя работы. В радиоуглеродных лабораториях одной установкой за год можно определять до 100—200 образцов (так, в лабораториях США в Чикаго в год выполняют до 100 определений одной установкой).

Углерод карбонатов не годится для определения возраста радиоуглеродным методом, так как он заимствуется из водных растворов, куда в них переходит за счет растворения минерального вещества самого различного возраста. От него приходится избавляться растворением образца в HCl. Вот почему для данного метода не всегда пригодны остатки известковистых раковин, а образцы костей и древесины, извлеченные из пород, загрязнивших их карбонатами, требует тщательного освобождения проб от последних.

Более всего для определения абсолютного возраста пород по C^{14} пригодны такие ископаемые остатки:

Древесный уголь	проба около 30 — 90 г
Сухое дерево или другие сухие растительные остатки . .	около 60 г
Сухой торф, корни, травы, кожа, волосы, ногти, копыта, когти	около 150 — 300 г
Рога оленей и других животных	около 500 — 2200 г
Сильно обуглившиеся кости	около 2200 г
Необугленные кости, зубы, раковины моллюсков (часто они дают неудовлетворительные результаты, особенно раковины)	около 120 г
Пригодны также и любое органическое вещество или любая порода, содержащая C^{14} в большом количестве (углистые сланцы, озерный ил и др.)	около 3 — 5 кг

При отборе проб нужно руководствоваться следующими положениями:

1) из одного слоя следует по возможности брать пробы разнообразного характера и состава, в количестве, по крайней мере вдвое большем указанного выше, чтобы можно было производить параллельные и контрольные определения;

2) пробы следует брать из свежерасчищенных разрезов, совершенно чистыми, упаковывая их в алюминиевую или оловянную фольгу или в жестяные коробки; применение консервирующих средств и парафина недопустимо;

3) не следует брать проб из слоев, которые явно могли быть обогащены молодым органическим веществом (гумусом и пр.) за счет вмывания из вышележащих слоев;

4) все пробы, а особенно карбонатные, необходимо предохранять от сырости, чтобы уберечь их от плесени и заселения бактериями и предупредить от присоединения добавочных порций CO_2 из воздуха;

5) музейные образцы должны тщательно очищаться от пыли.

Проделанные радиоуглеродным методом определения возраста образцов, датированных археологическими данными, показывают большое соответствие полученных чисел.

Радиоуглеродные исследования применимы также к датированию остатков человека и полезны для целей археологии и антропологии.

При изучении неотектоники и прежде всего интенсивности новейших движений определение возраста отложений с точностью до нескольких тысячелетий будет иметь большое практическое значение. Зная, за какое время произошло перемещение того или иного пласта (или толщи), можно определять среднюю скорость движений в мм/год.

Остатки костей ископаемых позвоночных животных можно подвергать еще в некоторых случаях исследованию в лаборатории для определения содержания в них фтора и фосфора и выражать данные анализов отношением содержания фосфора к фторапатиту. Образцы костей весом не менее 200—300 г (желательно до 500 г) сжигают и взятую навеску (25—50 г) подвергают обработке соляной кислотой. Находят весовое содержание фтора и фосфора, переводят его в проценты и вычисляют отношение $\frac{\text{фосфор}}{\text{фторапатит}}$. Отношение фосфора к фторапатиту выражается не всегда определенной цифрой, но примерно составляет для голоцена 0,03, верхнего плейстоцена 0,10, среднего 0,15 и нижнего 0,25.

Изучая обломки костей, по которым нельзя сделать палеонтологических определений, и устанавливая отношение $\frac{\text{фосфор}}{\text{фторапатит}}$, можно в некоторых случаях определять возраст вмещающих кости четвертичных от-

ложений, хотя бы с точностью до Q_4, Q_3, Q_2 и Q_1 (или Q_3, Q_2^3, Q_2^2, Q_2^1, Q_1^2, Q_1^1, по В. И. Громову).

Фторовый метод еще недостаточно разработан и далеко не всегда дает положительные результаты. так как вследствие диагенеза химический состав костей резко изменяется в зависимости от условий захоронения. Пользоваться этим методом следует с очень большой осторожностью.

Литература

Герасимов И. П и Марков К. К. Четвертичная геология. М., Учпедгиз, 1939.

Данилова В. В. Содержание фтора в костях ископаемых животных как показатель геологического возраста. — Бюлл. Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1946. № 8.

Либби В. Ф. Определение возраста по радиоуглероду. В кн.: «Изотопы в геологии». М., Изд. иностр. лит., 1954.

Марков К. К. Изучение ленточных глин с геохронологической точки зрения. — Природа, 1927, № 9.

Маркова Н. Г., Добкина Э. И. Углеродный метод летоисчисления. — Природа, 1956, № 12.

Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений, ч. 1 и 2. М., Госгеолтехиздат, 1954—1955.

Zeiner F. E. Dating the past. Ed. 2. London, 1953.

ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДНИКОВЫХ ВАЛУНОВ

В областях распространения ледниковых отложений большое значение приобретает изучение толщ основных морен. Определяя петрографический состав заключенных в них валунов, количественные соотношения представителей различных пород, заключенную в валунах осадочных пород фауну и флору, расположение валунов в морене, можно устанавливать центры оледенения и пути распространения ледников как в различные ледниковые века, так и в течение одного оледенения и получать фактический материал для стратиграфического расчленения моренных горизонтов.

Однако далеко не все валуны состоят из пород, обладающих особенностями, позволяющими точно устанавливать их родину. Поэтому в процессе общего наблюдения над валунами, заключенными в ледниковых отложениях, надо стараться выявить определенные типы валунов, характерные для обследуемого района.

Руководящими типами могут служить валуны устойчивых по отношению к выветриванию пород, с хорошо изученной и резко ограниченной областью распространения. Такими валунами в первую очередь являются валуны кристаллических пород, которым свойственна большая мощность и строго ограниченная площадь распространения на поверхности.

Осадочные породы в большинстве своем не выносят длительного переноса, легко разрушаются и занимают слишком обширные площади, чтобы служить руководящими. В отдельных случаях, однако, и они могут быть руководящими, если состоят из характерной и прочной породы (например, шокшинский кварцито-песчаник) и особенно если содержат типичную фауну.

Среди осадочных пород встречаются и очень прочные; к ним относится в первую очередь кремень, повсеместное распространение которого не позволяет, однако, причислить его к типу руководящих, если он не содержит фауны.

В настоящее время в качестве руководящих типов валунов для Европейской части СССР и прилегающей части Западно-Сибирской низменности могут быть выделены представители следующих пород:

1. Ромбен-порфиры из района Осло; самый восточный пункт находки валунов известен на Висле.

2. Гнейсо-граниты острова Борнхольма; валуны заходят в Калининградскую область.

3. Группа южношведских гранитов, развитых в Смоланде.

4. Шведские грубозернистые кварцевые порфиры — Поскаллавик (Смоланд), Сундсваль, Альнё (Средняя Швеция) и др.

5. Краснобурые порфиры со дна оз. Мелар (Швеция).

6. Стокгольм-гранит.

7. Упсала-гранит.

8. Порфиры из области Даларме (Средняя Швеция) — Бредвад, Китилля, Хеден, Эльфдаленские и др.

9. Рефсунд-гранит из Емтланда (Швеция).

10. Бурый балтийский порфир со дна Балтийского моря к юго-западу от Аландских островов. Восточная граница их распространения идет у Волковыска, Барановичей, Беловежа и далее к востоку неизвестна.

11. Красный балтийский порфир со дна Балтийского моря к юго-востоку от Аландских островов. Валуны его широко распространены в Восточной Германии, в Прибалтике и вплоть до Смоленска.

12. Породы Аландских островов — рапакиви, порфиры, гранофир и аплит-гранит.

13. Кварцевый порфир с острова Хогланд (Суурсари) в Финском заливе.

14. Уралитовые порфириты из области Тавастгуса и Борго в Финляндии.

15. Выборгский рапакиви и его разновидности: выборгит, питерлит, прик-гранит, порфироподобные рапакиви, тирилит и др.

16. Рапакиви северо-восточного берега Ладожского озера.

17. Юнакиты северной Финляндии.

18. Конго-диабазы из области Варангер-фиорда.

19. Щелочные граниты Кольского полуострова.

20. Нефелиновые сиениты Кольского полуострова.

21. Породы Суисарской эффузивной области (Онежское озеро).

22. Шунгитовые сланцы (Онежское озеро).

23. Шолтозерские серые сливные песчаники и кварциты (Онежское озеро).

24. Шокшинский малиновый и красный окварцованный песчаник (Онежское озеро).

25. Черные битуминозные богатые фауной палеозойские известняки с Новой Земли.

26. Туфогенные песчаники с Новой Земли.

27. Филлиты с Новой Земли и Тимана.

28. Дуниты, перидотиты и пироксениты Полярного Урала.

29. Сибирские траппы.

Все эти породы можно объединить в четыре группы: 1) фенноскандинавскую, 2) новоземельско-тиманскую, 3) уральскую и 4) северно-сибирскую.

При установлении путей движения ледников можно пользоваться не только руководящими типами валунов. Большую помощь в этом оказывает выяснение процентного отношения количества кристаллических валунов, содержащихся в морене, к количеству осадочных, а также количественные соотношения различных типов валунов в толще одной морены.

Не менее важное значение имеет ориентировка длинных осей валунов в морене (см. ниже).

Исследовать валуны надо также и во флювиогляциальных и речных отложениях с целью реконструкции направления стока вод в ледниковое время. При этом необходимо учитывать, что эти валуны перенесены водою, а не находятся на месте первоначального отложения их ледником. Количественных подсчетов в этих случаях производить не надо, а следует направить внимание на поиски валунов наиболее типичных пород.

Прежде чем перейти к описанию методов полевой работы по изучению валунного состава ледниковых отложений, надо сделать следующие замечания.

1. Сбор валунов надо по возможности вести в невыветрелой морене, для чего расчистку углубляют в породу не менее чем на 20—30 см.

2. Наблюдения над составом и положением валунов, количественные подсчеты их и сбор валунов производятся для каждого слоя морены отдельно. Ни в коем случае нельзя смешивать валуны из разных морен и упаковывать их вместе. При упаковке валуны, взятые из одного слоя морены в данном обнажении, этикетируются и нумеруются общим номером обнажения и слоя, причем указывается, какой это горизонт морены— верхний, средний, нижний и т. п.

Методы полевых работ. Наиболее простым методом является наблюдение над качественным составом валунов. При этом устанавливают соотношение между кристаллическими и осадочными породами и господствующее направление длинных осей валунов, выявляют руководящие типы валунов, валуны местного происхождения. Отмечают также степень валунности морены и распределение валунов в ней — равномерное, сгруженное в определенных участках, послойное, степень оглаженности валунов, их размеры.

Подобные наблюдения дадут представление о качественном составе валунов и пригодны для полевых партий, ведущих общегеологическую съемку, особенно в труднодоступных и малоисследованных районах.

Партиям, работающим в областях широкого развития четвертичных отложений и ведущим съемку четвертичных отложений, необходимо изучать валуны более детально, вести количественный учет представителей разных типов пород и определение ориентировки удлиненных валунов.

Для количественного подсчета валунов удобнее всего применять следующий способ: делают расчистку в нижней или средней части обнажения морены на глубину 20—30 см. Размер расчистки может быть различен. Можно расчистить 1 м^2 и затем постепенно углубляться до 25 см, что дает 0,25 м^3 породы. Удобнее, однако, увеличить площадь расчистки за счет уменьшения ее глубины.

Породу постепенно отваливают лопатой, разбивают комья лопаточкой или ножом, выбирая все валуны размером от куриного яйца и меньше. Более крупные валуны отбрасывают, но если они сложены интересной породой, от них откалывают образцы, достаточные для изготовления шлифа.

Песчанистую морену можно просеять через грохот с отверстиями 1×1 см. Дожидаться просыхания глинистой морены для дальнейшей промывки ее водою через грохот нерационально; проще выбирать валуны непосредственно из породы, которая при ударе всегда раскалывается около включенных в нее камней.

Отбор валунов из 0,25 м^3 морены занимает около 3—4 часов, в зависимости от степени валунности морены и ее плотности, просеивание же песчаной морены осуществляется значительно быстрее.

Собранные валуны затем отмывают от глины и грубо сортируют по породам при помощи лупы и опробования HCl. В случае необходимости получения свежих разрезов некоторые камни раскалывают молотком.

Валуны типов, непригодных в качестве руководящих, описывают и пересчитывают по разновидностям пород, после чего их можно оставить на месте. К таким породам относятся кварц, полевой шпат, кремень (если он лишен фауны) и местные породы. Данные их подсчета могут быть использованы в дальнейшем для выводов о пути приноса изучаемой морены, так как количество их будет меняться в зависимости от направления движения ледника. Более древние морены часто бывают насыщены местными коренными породами, тогда как лежащие выше ледниковые толщи обычно содержат их уже значительно меньше.

Следует обращать также внимание на степень сохранности валунов, что может служить дополнительным признаком при суждении о возрасте осадка. В древних моренах валуны сильно выветрены, покрыты бурой коркой, а многие из них, например валуны слюдяного сланца, гнейса и т. п., рассыпаются при первом прикосновении. В моренах молодого возраста подавляющее количество валунов — хорошей сохранности.

Сбор валунов из 0,25 м^3 морены производят в нескольких опорных пунктах на площади изучаемого района. Одновременно надо произвести замер ориентировки длинных осей валунов, располагающихся, как правило, по направлению движения ледника.

Для получения дополнительных данных о направлении сноса ледникового материала достаточно произвести замер ориентировки валунов в некоторых из промежуточных обнажений, а также замеры ориентировки длинных осей валунов в морене, чтобы восстановить направление движения отложившего их ледника.

Как показали исследования последних десятилетий, валуны, слагающие основную морену, расположены закономерно, длинными осями по направлению движения ледника. Это подмечено не только для валунов, но также для зерен мелкозема и кристаллов глетчерного льда. Это позволяет довольно точно устанавливать направление сноса морены.

Причина упорядоченного расположения частиц кроется, по-видимому, в том, что ледник несет включенный в него материал во взвешенном состоянии, причем этот материал размещен в положении наименьшего сопротивления, длинной осью по движению переносящей среды. С прекращением движения у края ледника материал отлагается в том же положении, в каком он переносился. Отклонения от господствующего направления возникают при перевертывании валуна в толще ледника и задержке перед каким-либо препятствием.

Замеры ориентировки валунов ведут в такой же расчистке морены, как и количественные подсчеты их, а часто оба процесса осуществляют совместно. Надо иметь в виду, что чем больше расчищена площадь, тем легче производить замеры, так как не надо сильно углубляться в породу. Положение расчистки определяют по горному компасу, делая отсчет по северному концу стрелки, вправо от наблюдателя, стоящего лицом к обнажению. Показание компаса записывают в полевую книжку и на этикетке.

Наиболее точный способ замера — это пользование четырехугольной деревянной, алюминиевой или целлулоидной рамкой размером 9×12 или 6×9 см. Внутри рамки крестообразно прикрепляют две проволоки или плотные нити. Для приведения длинных сторон рамки в горизонтальное положение служит отвес, прикрепляемый к верхней стороне рамки, или же водяной уровень, прикрепляемый на нижней ее стороне.

Приступая к размеру, рамку держат левой рукой так, чтобы пересечение нитей приходилось на центр видимой части камня, непосредственно перед глазом наблюдателя. Цветным карандашом наносят на камень отметку по нижнему правому углу в виде буквы Г, проводя одну линию строго горизонтально, по длинной нити, другую — строго вертикально, по короткой нити. Затем валун извлекают из пласта и, если он заметно удли-

ненной формы, берут в коллекцию, если же длина его почти равна ширине, его отбрасывают, как непригодный для выводов. Отбрасывают также и те валуны, у которых метка пришлась на грань, а не на ребро камня. Метки, пришедшиеся на ребро, следует продолжить за изгибы поверхности валуна, что необходимо для точного определения его пространственного положения с помощью литологического гониометра.

Крупные валуны, более 7—10 см в поперечнике, также исключаются, поскольку они очень громоздки, а кроме того, с увеличением размера валуны в толще ледника более подвижны.

Для получения надежных результатов отбирают около 100 валунов, но если в процессе работы выясняется, что они в большинстве залегают закономерно, можно ограничиться и количеством в 40—50 валунов.

Маркированные валуны доставляют затем на базу для камеральной обработки на литологическом гониометре системы Пашковского и Хабакова. При отсутствии гониометра можно юстировать валуны в пластилин и определять их положение на вращающемся столике Вебера, как это предлагает А. В. Хабаков. Собранный и обработанный таким путем материал ценен тем, что позволяет установить не только ориентировку длинных осей валунов, но и наклон их коротких осей, что показывает пространственное положение их в толще морены.

Другой способ определения положения валунов в морене — это непосредственный замер горным компасом. Сначала надо отпрепарировать валун в породе и, осторожно вынув его, сделать замер компасом. Для этого в углубление от валуна вставляют треугольник (вершиной вперед), палку, ручку от молотка или другой предмет, по которому и делают замер.

Такой способ может показаться на первый взгляд более простым, однако он требует больше времени при сборе и не столь точен, как первый.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЕЧНИКОВ

Галечником называется рыхлая порода водного происхождения, состоящая в основном из окатанных и полуокатанных обломков горных пород — галек. Если обломки не окатаны, что присуще наземным отложениям, порода называется щебнем. При цементации галечник дает конгломерат, щебень — брекчию.

Изучая слой галечника в поле, необходимо учитывать следующее:

1. Залегание и площадное распространение слоя: речные галечники залегают вытянутой полосой, морские — покровом изменчивой мощности.

2. Характер кровли и подошвы слоя: речным галечникам свойственно неровное основание, морским — ровное.

3. Слоистость галечника (косая, линзообразная, горизонтальная). В речных галечниках косая слоистость направлена вниз по течению, а гальки — в обратную сторону, в морских галечниках и слоистость и гальки наклонены вниз по течению, к глубине.

4. Сортировку галечника: хорошо сортированы морские галечники, слабее — речные.

5. Ориентировку и наклон галек в толще слоя: в реках удлиненные гальки, за некоторыми исключениями, ложатся уплощенной стороной против течения и длинной осью поперек течения; на морских побережьях гальки лежат длинной осью параллельно береговой линии, с наклоном короткой оси в сторону глубины. Определение ориентировки галек в галечниках производят по способу, описанному в главе об изучении валунов.

6. Величину галек: крупные размеры и быстрое их уменьшение указывают на большую переносящую силу, например на отложение горным потоком; вниз по реке галька становится меньше; на морских пляжах она обычно мелкая, 2—3 см в поперечнике.

7. Форму галек (зависит от типа породы и отчасти от переносящей среды): для гальки ледникового и флювиогляциального происхождения характерна удлиненная форма, с одним тупым и одним острым концами; речные гальки, наоборот, имеют одинаковые концы; шарообразные гальки редки и образуются при очень длительном окатывании, в первую очередь морским прибоем.

8. Степень окатанности гальки. Для определения ее выделяют пять классов:

Неокатанная	0
Угловатая, со слабо обтертыми углами	1
Слабо окатанная, с оглаженными ребрами	2
Хорошо окатанная	3
Превосходно окатанная, эллипсоидальная или круглая	4

9. Петрографический состав галек: разнообразный состав свойственен осадкам горных рек и флювиогляциальным галечникам; в реках состав галек более однороден, с господством устойчивых пород; наличие среди гальки мягких пород указывает на незначительный перенос, наоборот, галечник, состоящий из одной, притом устойчивой породы, является продуктом длительного переноса.

Взятие пробы. При взятии пробы галечника надо учитывать величину галек. При мелкой гальке, до 2 см, достаточно взять 2—3 кг породы, в которых содержится около 300 галек. При размере галек около 7 см требуется около 15 кг породы.

Прослеживание слоя галечника, прикрытого маломощной рыхлой толщей, можно вести при помощи металлической трости или штанги, издающих при ударе о гальку металлический звук. Указанием на нахождение галечника под покровом более молодых отложений может служить появление гальки в руслах рек и ручьев.

Галечники часто заключают в себе россыпные полезные ископаемые — алмазы, золото, касситерит и др. Сами галечники, особенно состоящие из прочных пород, широко используются в дорожном строительстве и как добавка к цементу.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕСКОВ

Песок состоит из отдельных минералов и мельчайших обломков горных пород, находящихся в рыхлом состоянии, с размерами зерен от 0,1 до 1,0 мм. Некоторые геологи выделяют грубый песок, с размерами зерен до 2 мм.

Для установления генезиса изучаемого слоя песка надо выяснить условия залегания пласта, наличие и тип слоистости, гранулометрический и минералогический состав, степень сортированности, окатанности, характер поверхности слагающих песок зерен.

При этом необходимо учитывать следующее.

1. Степень сортированности песка устанавливается при полевых наблюдениях по шкале М. М. Васильевского, а в дальнейшем — при помощи гранулометрического анализа. Хорошая сортировка получается при значительной и постоянной силе переносящей среды, длительности переноса, умеренном количестве перемещаемого материала и устойчивом базисе эрозии.

Сортировка по размеру состоит в том, что более грубый материал оседает вблизи источника сноса, мелкий уносится дальше. Одновременно у источника сноса скопляется много ила, образующегося в результате истирания крупных обломков.

На морских пляжах галька, песок и ил скопляются в разных участках; галька выносится прибоем на берег, мелкозем смывается обратно в глубину, в полосе же прибоя скопляется среднезернистый песок.

Сортировка по форме сказывается в том, что угловатые частицы при волочении водою и ветром оседают раньше других, а сферические частицы уносятся дальше всего. При переносе в суспензии получается обратная картина. Сортировка по удельному весу проявляется в более скором оседании тяжелых минералов породы, так как вместе с ними оседают легкие минералы более крупных размеров. В результате сортировки песка разные фракции получают разный минералогический состав. Наиболее богата видами фракция 0,05—0,25 мм. На этом основано сравнение минералогического состава песков по одинаковым фракциям.

2. Степень окатанности песка определяется по пятибалльной шкале: угловатые, слабо окатанные, средне окатанные, хорошо окатанные, совершенно окатанные. Сильнее всего окатывает ветер, затем вода — в зоне морского прибоя, волочением по дну, меньше же всего окатывается материал при переносе его во взвешенном состоянии водой и льдом. В песках водного происхождения окатанность зерен более равномерна. Чем более долгий путь прошли песчинки, тем они должны быть больше окатаны, однако привнос неокатанного материала может нарушить эту закономерность. Полная окатанность песчинок наступает после неоднократного переотложения осадка.

3. Наблюдения над характером поверхности зерен производят на зернах кварца. Для этого их рассматривают под лупой × 15—20 или в камеральных условиях под бинокулярной лупой.

Блестящая поверхность свойственна песчинкам, отлагаемым водою, безразлично, в зоне ли морского прибоя или при переносе рекою. Матовая поверхность получается при переносе песчинок ветром, как результат бесчисленного количества мелких царапин, возникающих при ударе песчинок друг о друга.

4. Слоистость песка образуется вследствие отложения различных по составу, плотности или окраске минералов слоями. Накопление слоев происходит параллельно поверхности отложения. При крутом наклоне поверхности вновь образующийся слой будет лежать с тем же наклоном, который не может превосходить 30—40°.

Мощные слои без заметных плоскостей напластования образуются при очень медленном осаждении или при переработке слоя роющими животными. Резкая граница между слоями говорит о перерыве в отложении. На свежем разрезе слоистость иногда бывает трудно уловима, но выступает на выветрелых стенках обнажения.

Четвертичные пески редко обладают правильной слоистостью, так как они являются продуктом отложения в неустойчивой среде. Их слои быстро выклиниваются, залегают линзами, часто давая косую, диагональную или облекающую слоистость (фиг. 29).

Косая слоистость развивается в следующих случаях: при образовании дельт и конусов выноса, при изменении базиса эрозии, при заполнении промоин, при движении баров, дюн, при образовании ряби и береговых валов.

Существует несколько типов косой слоистости.

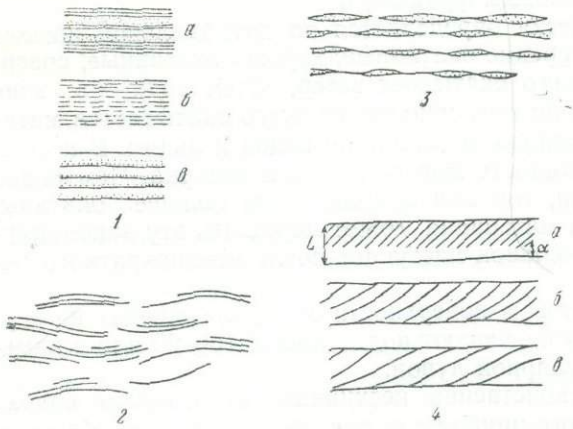
Эоловый тип. Кровли и подошвы из горизонтальных слоев нет. Слоистость перекрестная, с разными углами падения — пологим на наветренной стороне и крутым на подветренной. Глинистых прослоек нет. Мощность может быть до нескольких десятков метров. Сортировка хорошая, господствует окатанный, мелкозернистый песок с матовой поверхностью зерен.

Минералогический состав преимущественно кварцевый. Распространение площадное (фиг. 30).

Тип потоков — линзовидный, чечевицеобразный (фиг. 31, *1*). Кровля и подошва состоят из горизонтальных слоев, более тонких по со-

ставу, несогласных со всей серией. Слоистость диагональная, с повторением круто падающих (до 45°) в одну сторону слоев грубозернистого песка (период ливней), покрываемых почти горизонтально лежащими прослоями тонкого материала (период маловодья). Сортировка и окатанность плохие. Линзы выпуклы книзу. Минералогический состав разнообразный, местного происхождения. Распространение линейное.

Речной тип — разновидность потокового типа, но более резко выраженная (фиг. 31,2). Кровли и подошвы нет. Однообразно падающие слои под углом 15—30°, книзу переходящие почти в горизонтальные. Сортировка плохая, попадаются валуны и галька. Окатанность слабая. Поверхность зерен блестящая. Минералогический состав разнообразный, из далеких источников. Распространение линейное.

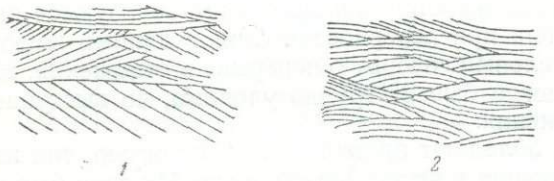


Фиг. 29. Типы слоистости:

1 — разновидности горизонтальной слоистости: а — полосовидная, б — прерывистая, в — ленточная; 2 — линзовидная слоистость; 3 — волнистая слоистость; 4 — косая слоистость: а — с прямолинейными, б и в — с криво изогнутыми косыми слойками; α — угол наклона косых слойков; L — мощность косослоистого пласта

Тип прречных пойм — микрослоистость издали горизонтальная, вблизи — линзообразная и волнисто-косая. Сортировка слабая. Распространение линейное.

Тип дельт встречается в правильно развитом виде редко. Состоит из трех серий отложений (фиг. 31, 3): сверху из почти горизонтальных, сравнительно грубозернистых слоев (речные отложения), несогласно лежащих на серии из круто падающих слоев, книзу более тонкозернистых и вогнутых (отложения на склоне бассейна). Мощность этой серии может быть до нескольких десятков метров. Постепенно переходят в нижележащую серию, представленную горизонтальными тонкозернистыми слоями (отложения на дне бассейна). Распространение ограниченно-площадное.



Фиг. 30. Типы косой слоистости:

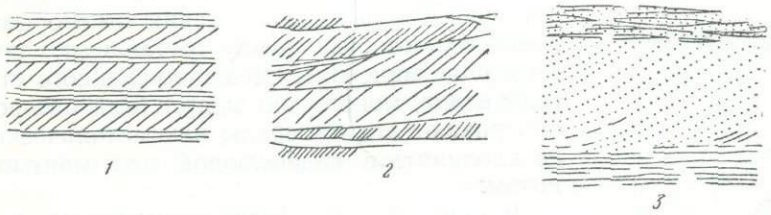
1 — клиновидная слоистость (характерна для эоловых отложений). По Е. П. Брунс; 2 — сложная волнистая слоистость (наблюдается в эоловых отложениях). По Е. П. Брунс

Тип прибрежноморской (фиг. 32, 5). Горизонтальной кровли и подошвы нет, но наблюдается нерезкое несогласие в кровле и подошве. Слои более или менее параллельны, наклон различный, чаще пологий, до 20°. Направление наклона в разные стороны, часто перистое. Уплощенные гальки наклонены по направлению слоистости. Встречаются знаки ряби. Мощность слоев непостоянная. Сортировка различная — от плохой до хорошей. Пески преимущественно среднезернистые. Окатанность довольно хорошая, поверхность зерен блестящая. Минерало-

гический состав — преимущественно кварц и полевой шпат. Распространение площадное, вытянутое в одном направлении.

При наблюдении слоистости надо измерять направление и угол падения косых слоев, отвечающих направлению создавших слоистость потоков и береговых течений. Число замеров зависит от условий накопления: при малой изменчивости угла падения достаточно сделать 10—20 замеров, в сложных условиях — до 50 замеров.

Замеры делают на небольшом расчищенном участке горизонтальной поверхности компасом или клинометром. Полезно делать зарисовки и снимки слоистости, ориентируя их по странам света. При взятии образцов рыхлых пород с сохранением слоистости пользуются монолитными ящиками или берут пленочные монолиты (Орвику, 1948; Яковлев, 1955).



Фиг. 31. Типы слоистости:

1 — диагональная слоистость (характерная для отложений временных потоков); 2 — многоэтажная косая слоистость (характерна для речных отложений). По Е. П. Брунс; 3 — диагональная слоистость (характерна для дельтовых отложений)

Цвет песчаных осадков бывает первичным и вторичным.

Первичная окраска зависит: а) от минералогического состава; кварцевые пески — белые или сероватые, молодые полевошпатовые пески обычно розовые; примесь глауконита дает пескам зеленый оттенок, примесь темноцветных минералов и органического вещества — темносерый; б) от механического состава — чем песок тоньше и более уплотнен, тем он темнее; в) от влажности — влажные породы всегда темнее сухих.

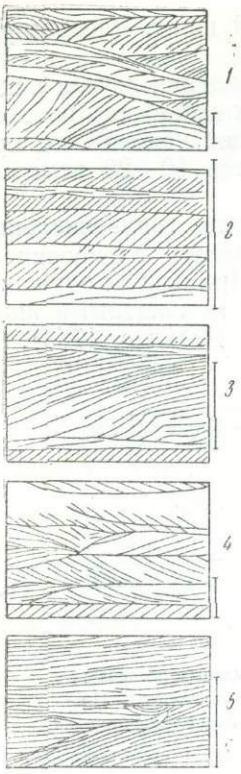
Вторичная окраска обусловлена присутствием цемента, в первую очередь состоящего из окислов железа. Ржавую окраску придает песку лимонитовый цемент, красноватую — гематитовый.

Определение цвета производят в поле, так как при высыхании породы он меняется. Наблюдать его надо на стенке, освещенной солнцем. При определении цвета полезно пользоваться специальными шкалами (Ферсман, 1936).

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИН

Глинами называются плотные тонкодисперсные породы, при смешении с водой образующие пластичную массу. Глины содержат более 50% частиц размером меньше 0,01 мм и не менее 30% частиц размером меньше 0,001 мм, обусловливающие основные свойства глин (пластичность, влагоемкость, способность к катионному обмену и др.). При содержании алевритовых частиц (0,01—0,1 мм) более 25% глины называются алевритовыми, при аналогичном содержании песчаных частиц (0,1—2 мм) — песчаными.

В составе глин преобладают глинистые минералы, представляющие собой водные алюмосиликаты и магнезиальные силикаты. Кроме того, обычно присутствуют: обломочные минералы, среди которых преобладают кварц, полевой шпат и слюды; аутигенные неглинистые минералы (пи-



Фиг. 32. Примеры косой слоистости в современных толщах различного генезиса. По А. В. Хабакову, 1951 г.

1—косая слоистость дюнных песков: современные эоловые пески. По Томпсону; *2* — косая слоистость периодических потоков: современные пески в пойме реки в пустыне. По А. В. Хабакову; *3* — косая слоистость крупных рек: современные пески Волги. По Г. В. Лопатину; *4* — косая слоистость дельтовых песков: современные пески подводной части дельты на норвежском побережье близ Богуслена. По Хессланду; *5* — косая слоистость в прибрежно-морских песках: современные литоральные пески на калифорнийском побережье у Сан-Педро. По Томпсону

рит, лимонит, кальцит, гематит, гипс, фосфаты, сидерит, вивианит, ярозит и др.); органическое вещество, как в виде механической примеси, так и в форме органо-минеральных соединений; растворимые в воде соли и кислоты, а также поглощенные катионы и анионы.

Глины совместно с суглинками, лёссами и другими породами, содержащими значительное количество глинистых частиц, составляют более трех четвертей всех осадочных образований четвертичного возраста.

По преобладающему породообразующему минералу глины делятся на три крупные группы: каолинитовую, гидрослюдистую и монтмориллонитовую. Кроме того, по мнению некоторых исследователей, особую группу составляют глины, содержащие минералы смешанно-слойного строения (бейделлит, монотермит и др.). Ряд авторов рассматривают эти минералы как механические смеси каолинита с гидрослюдой или монтмориллонитом.

В определенных физико-химических и климатических условиях обычно формируется характерная ассоциация глинистых и аутигенных минералов. Эту особенность можно использовать для восстановления условий накопления пород и проведения корреляции разрезов. Так, например, в четвертичное время в северной части Союза ССР существовали условия, благоприятствовавшие накоплению гидрослюд и отчасти каолинита. Им сопутствовали аутигенные окислы железа, а в болотных фациях — пирит и вивианит. В то же время в более южных районах, где широко распространены породы, подвергшиеся процессам облёссования, в глинистой фракции появляется монтмориллонит, а среди аутигенных минералов — кальцит. В глинистой фракции лёссов обычно преобладают гидрослюды и монтмориллонит, а среди аутигенных минералов — кальцит. В более южных, засушливых районах нашей страны в глинистых фракциях пород, кроме монтмориллонита, появляются магнезиальные силикаты палыгорскитовой группы, а среди аутигенных минералов — кальцит и гипс. Во влажном умеренном климате Советского Приморья на базальтовых лавах кайнозойского (в основном третичного) возраста формируется каолинитовая кора выветривания, а в очень влажном субтропическом климате Черноморского побережья Кавказа (район Батуми) в глинистой фракции верхних горизонтов коры выветривания на андезитовых лавах образуется гидраргиллит-каолинитовая ассоциация со значительным количеством гидратов окиси железа (красноземы).

Отклонения от описанных общих закономерностей, имеющиеся в некоторых районах, обычно обусловлены влиянием пород области сноса.

Так, например, в моренных отложениях северо-востока Европейской части СССР часто присутствуют монтмориллонит и кальцит; последний связан с развитием карбонатных пород в области сноса. В этом случае сравнительно большая скорость накопления осадков и холодный климат препятствовали ходу процессов диагенетического изменения вещества, приносимого с суши, и созданию равновесия между веществом осадка и физико-химическими условиями его накопления.

Аналогичным образом объясняются случаи обнаружения среди четвертичных отложений северной части Западной Сибири бейделлита — минерала, характерного для морских палеогеновых отложений, выходящих на поверхность в более южных районах.

В отношении характера осадконакопления глины можно разделить на две большие группы: остаточные — глины коры выветривания и осадочные — глины, образовавшиеся в результате переотложения различных пород в водной среде.

Если вопрос о минеральном составе глин в основном решается в результате комплексного исследования породы в лабораторных условиях, то для выяснения характера осадконакопления существенное значение имеет детальное изучение глин в полевых условиях. Для этого производят послойное описание обнажений и разрезов скважин, обращая особое внимание на изменение свойств и состава глинистых пород по разрезу, на контакты с вмещающими породами, равномерность распределения цвета, однородность состава пород, характер слоистости, выдержанность прослоев и их форму. Для наблюдения перечисленных признаков необходимо предварительно произвести зачистку обнажения, так как глинистые отложения, особенно морского происхождения, при выходе на поверхность подвергаются интенсивному выветриванию, с изменением текстуры и состава породы (окисление пирита, сидерита, органического вещества, разложение некоторых глинистых минералов, ярозитизация и т. п.).

Минеральный состав глин в полевых условиях в ряде случаев можно ориентировочно определить на основании внешнего облика породы, ее поведения при намокании и путем окрашивания метиленовым голубым. Иногда же характерные признаки, присущие чистым минеральным разностям (табл. 4), маскируются различными примесями (окислы железа, органическое вещество, растворимые соли и др.). Кроме того, при изучении четвертичных отложений мы обычно имеем дело с глинами полиминерального состава, что также осложняет определение состава глин.

Таблица 4

Некоторые характерные особенности мономинеральных разностей глин

Минеральный тип глины	Цвет породы	Поведение при замачивании	Окрашивание		Полезные ископаемые
			метиленовым голубым	метиленовым голубым + KCl	
Каолинитовый	Белый	Не разбухает	Фиолетовый	Фиолетовый	Огнеупорные глины
Гидрослюдистый	Голубовато-серый	То же		Фиолетово-синий	Строительные глины
Монтмориллонитовый	Белый, реже зеленоватый	Разбухает	Фиолетовый, фиолетово-синий	Голубовато-зеленый, зеленый	Отбеливающие глины } Глины для буровых растворов
Бейделлитовый	Зеленовато-серый, серовато-зеленый	Слабо разбухает	Зеленый, голубовато-зеленый	Зеленый	Строительные глины } Глины для буровых растворов
Монотермитовый	Белый	То же	Фиолетовый	Голубой, голубовато-зеленый	Огнеупорные глины

Отбор образцов и методы исследования глин. По разрезу глинистой толщи рекомендуется производить отбор образцов с интервалами при макроскопически однородном составе в 2—4 м, а в случае неоднородного состава — из каждого встреченного слоя. Вес образца 50—100 г. По возвращении на базу необходимо провести окрашивание образцов метиленовым голубым. По макроскопическим признакам и изучению пород методом красителей геолог, еще будучи в поле, получает представление о разновидностях глинистых пород, присутствующих в районе исследований, и отбирает образцы весом 0,5—1 кг, характеризующие каждую разновидность, для детального лабораторного исследования (опорные образцы). Отбор опорных образцов можно производить и без опробования методом красителей, но результаты последнего позволяют это делать более уверенно и обычно сокращают количество взятых проб.

Учитывая, что детальное изучение глинистых пород требует большой затраты времени и средств, рекомендуется отбирать не более 40—50 опорных образцов.

Кроме того, геолог в поле должен подготовить материал для изучения песчано-алевритовой фракции глинистых пород, минералогический анализ которой позволит уточнить область сноса, пути и характер транспортировки материала. Для этого из пробы глины весом 3—5 кг путем растирания в воде и последующего отмучивания выделяют фракцию больше 0,05 мм. Для последующих количественных подсчетов необходимо знать вес взятой пробы и полученной песчаной фракции.

В случае обнаружения в районе исследований коры выветривания для изучения последней необходимо отбирать образцы весом 0,3—0,5 кг по всему разрезу с интервалами 1—2 м, стремясь обязательно получить образец «свежей» (невыветренной) породы. Надо иметь в виду, что кора выветривания может встречаться не только на древних плотных породах, но и на рыхлых отложениях третичного и четвертичного возраста.

Для выяснения вопросов корреляции разрезов, условий образования и полезных свойств глин существуют следующие методы их лабораторного исследования[1]: 1) окрашивание органическими красителями (5—10 г), 2) изучение в шлифах (20—30 г), 3) металлометрические определения (5—10 г), 4) определение радиоактивности (50—80 г), 5) гранулометрический анализ (100—200 г), 6) минералогический анализ песчаной фракции (20—40 г), 7) термический анализ (20—30 г), 8) определение показателей преломления агрегатов глинистых частиц (20—30 г), 9) спектрофотометрический анализ (5—10 г), 10) химический анализ (50—100 г), 11) полный спектральный анализ (5—10 г), 12) электронно-микроскопический анализ (5—10 г), 13) электронографический анализ (5—10 г), 14) рентгеноскопический анализ (5—10 г), 15) определение некоторых физико-механических свойств (объемный вес, удельный вес, влажность, пластичность и др.— 300—500 г), 16) определение емкости поглощения (50—100 г), 17) технологические испытания проб (огнеупорность, отбеливающие свойства, пригодность для буровых растворов и др.— 5—20 кг).

На виды анализа 1—6 сдаются все опорные образцы; виды анализа 7—17 проводятся лишь после консультации с литологом или после ознакомления с соответствующей литературой, так как в ряде случаев нужные результаты можно получить и без проведения этих анализов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЁССОВ И ЛЁССОВИДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Лёссы и лёссовидные породы представляют разновидность рыхлых зернисто-агрегативных четвертичных отложений. В последнее время при-

[1] В скобках указано количество породы, потребное для проведения анализа.

нято говорить об особой «формации лёссовых пород». Эти породы могут отличаться известным разнообразием петрографического состава и представлять собой или типичные алевриты с преобладающим пылеватым составом, с содержанием частиц размером 0,05—0,005 мм в количестве до 70—90%, или же опесчаненные алевриты, супеси, а также суглинки и даже глины, но всегда с пылеватой фракцией 0,05—0,005 мм в количестве не менее 50% и с присущей им карбонатностью.

Для собственно лёсса наиболее характерны следующие черты: палево-желтый цвет, зернистое или зернисто-агрегативное строение при общей невысокой степени микроагрегатности, преобладающий первично пылеватый состав (наибольшее содержание фракции 0,05—0,01 мм), меньшее содержание вторичных (т. е. агрегированных) пылеватых частиц, мучнистость на ощупь, большая однородность, кроме того, высокая общая пористость (не менее 40—45, нередко до 55—60%) и макропористость (от 5—10 до 30% от общей пористости породы). Чрезвычайно характерны для лёсса также его текстурные особенности: очень большая однородность в целом пласте, отсутствие слоистости, столбчатая отдельность и способность образовывать отвесные стенки. Среди минералов легкой фракции преобладает кварц (около 40%), в меньшей степени — полевые шпаты. Минералы тяжелой фракции разнообразны и отражают местные особенности минералогических провинций. В соответствии с этим изменяется содержание в лёссах неустойчивых к выветриванию минералов (авгит, роговая обманка, эпидот и др.). Среди коллоидно-дисперсных минералов в наиболее просадочных разновидностях лёссов преобладают гидрослюды, каолинит, в менее просадочных и непросадочных его разновидностях — гидрослюды и минералы группы монтмориллонита. По химическому составу лёсс отличается наибольшим содержанием кремнезема (55—65 и до 85%), меньшим содержанием глинозема (10—20%), значительным содержанием карбонатов. Последних в украинских лёссах и лёссах Предкавказья содержится меньше (около 10—20%), чем в среднеазиатских лёссах (до 20—45%), что обусловлено большей сухостью климата Средней Азии в течение всего плейстоцена. Особенно характерны для лёссов такие их свойства, как просадочность при увлажнении, легкая размокаемость и размываемость, бóльшая фильтрационная способность в вертикальном направлении, чем в горизонтальном. Они слабо подвержены набуханию или совсем ему не подвержены. Естественное намачивание лёссов, не подвергшихся длительному и интенсивному увлажнению, приводит к образованию степных блюдец, а при искусственном увлажнении происходят дополнительные осадки под сооружениями, называемые просадками. Они образуются в большей степени в лёссах зернистой структуры, за счет разрушения водой неустойчивых агрегатов и сокращения межчастичной пористости. Весьма показательно, что макропоры округлой формы, обладающие цементированными карбонатными стенками (т. е. вторичные — фитогенные макропоры, отличающиеся от первичных, возникших в процессе накопления мелкозема и имеющих нецементированные стенки), в значительной степени сохраняются при намачивании, разрушаясь лишь при больших нагрузках. Величина просадок тесно связана с общей недоуплотненностью лёсса и с его мощностью.

Мощность пластов лёссов может изменяться от долей метра до нескольких десятков метров, составляя чаще всего от 3—5 до 10—15 м. В некоторых районах Украины, в Ергенях, в Средней Азии, Китае суммарная мощность лёссовых толщ достигает 100—200 м.

Залегают лёссы как на водораздельных плато, так и на поверхности террас, за исключением низких террас и пойм. В горных областях (Кавказ, Средняя Азия и др.) лёссы слагают поверхность пролювиальных конусов выноса и шлейфов, покрывают горные склоны, встречаясь на

абсолютных высотах в 3000—4000 м. Для украинских и других европейских лёссов, а также для некоторых азиатских очень характерно расчленение их горизонтами погребенных почв на разновозрастные ярусы (их встречается от двух до шести и более).

От лёссов принято отличать лёссовидные породы, не обладающие всеми чертами, присущими лёссам. Они также содержат не менее 50% пылеватых частиц (0,05—0,005 мм), но эти частицы чаще всего вторичные — результат микроагрегированности. Лёссовидные породы отличаются меньшей однородностью: то более грубы, то более глинисты, приближаясь по петрографическому облику или к супесям или к суглинкам, почему и называются чаще всего лёссовидными суглинками (супесями). Для них более характерна зернисто-агрегативная и агрегативная структура. Общая пористость их обычно меньше, чем у лёссов (40—45%). Макропористость также меньше и хуже выражена. Текстурные отличия заключаются в том, что в целом пласте нет той однородности, которая свойственна лёссу, может встречаться слоистость, но типичны также столбчатая отдельность и способность образовывать отвесные стенки. В минералогическом составе замечается уменьшение содержания кварца и полевого шпата и увеличение содержания глинистых минералов. В коллоидно-дисперсной части содержатся гидрослюды и каолинит (у зернисто-агрегативных разновидностей), но чаще гидрослюды и монтмориллонит. Содержание минералов, легко подверженных выветриванию, обычно меньше, но бывают и отклонения, например в некоторых делювиальных лёссах. Химический состав лёссовых пород также иной: меньше содержание кремнезема (40—50%), более высокое содержание глинозема (15—25%) и полуторных окислов (до 25—30%) за счет гидроокиси железа; содержание карбонатов обычно меньше, но не всегда; больше сульфатов, хлоридов. Общая недоуплотненность и просадочность ниже. Часто лёссовидные суглинки непросадочны. Для них характерны значительное набухание при увлажнении, меньшая размокаемость и размываемость и более слабая фильтрационная способность.

Мощность лёссовидных пород обычно меньше, чем лёссов. Часто они постепенными переходами связаны с подстилающими породами (это характерно для аллювиальных лёссовидных суглинков и др.). Нередки случаи нахождения мощных пластов лёссовидных пород, переслоенных горизонтами погребенных почв (иногда увеличенной мощности, что относится прежде всего к делювиальным лёссовидным суглинкам склонов). Залегают лёссовидные породы чаще на склонах гор, холмов или плоских водоразделов, но также и на поверхности речных террас, конусов выноса, иногда поднимаясь и на водораздельные плато. Здесь встречаются флювиогляциальные и озерные лёссовидные породы. Очень часто лёссовидные породы образуются за счет размывания и переотложения лёссов. Встречаются толщи лёссовых пород, состоящие из переслаивания лёссов и лёссовидных суглинков.

Для всех лёссовых отложений наблюдается общая закономерность: наиболее типично выражены и более просадочны верхние части лёссовых толщ (у европейских лёссов — лёссы верхнего яруса, верхнеплейстоценовые), в меньшей степени сохранили свои типичные признаки более древние лёссы (средне- и нижнеплейстоценовые) или вообще нижние горизонты лёссовых толщ — более уплотненные, менее просадочные или совсем непросадочные. Нижние горизонты лёссовых толщ под воздействием подземных вод часто превращены в «каменные» лёссы (особенно типичен «шох» — сильно известковистый и загипсованный лёсс в Средней Азии). В верхних горизонтах лёссовых толщ часто наблюдается их обизвесткование (журавчики, куколки и иные конкреции), ожелезнение, сопровождающееся образованием железистых участков, конкреций типа лимони-

товых бобовин и т. п. Особенно характерно присутствие здесь корнеходов, кротовин, а также суффозионно-карстовых полостей. В пониженных местах рельефа вследствие постоянного и длительного увлажнения лёссовых пород формируются особые их разновидности — подовые лёссовидные образования, более уплотненные и непросадочные (они часты на юге Украины).

Лёссы и лёссовидные породы различаются по способу отложения мелкозема, послужившего исходным субстратом для возникновения лёссовой породы. Они могли образоваться как эоловым, так и водным (пролювиальным, делювиальным, флювиогляциальным, аллювиальным, просхогляциальным или половодноледниковым—по Г. И. Горецкому), а также элювиальным путем, вследствие особого почвенно-элювиального преобразования того или иного мелкозема в стадию пустынного диагенеза. Можно говорить о лёссовой породе как об особом типе «ископаемой почвы» (по В. А. Обручеву), или, вернее, как об особой коре выветривания, возникающей в условиях засушливого и достаточно холодного климата областей, прилегавших к участкам материкового оледенения, или сухого и жаркого климата пустынь. Считают, что лёссовые породы образовывались в течение ледниковий, но что их формирование продолжалось и в межледниковья. Пустынный диагенез (по И. И. Трофимову) является тем решающим природным процессом, который и приводит к формированию лёссовых пород. Вот почему лёссы являются прекрасными показателями господства засушливого климата и помогают выявлению физико-географической обстановки времени их образования при палеогеографических исследованиях.

В процессе формирования лёссовых пород следует различать несколько стадий: 1) возникновение исходного мелкозема (накоплению обогащенного карбонатами мелкозема особенно способствовали процессы морозного выветривания и вынос его ледниками); 2) перенос и отложение мелкозема (эоловое, различное водное — пролювиальное, делювиальное и т. д.); 3) преобразование мелкозема в лёссовую породу. Последнее может начинаться еще в процессе возникновения и переноса мелкозема, но главным образом одновременно с его отложением, а также и после накопления (последующее облёссование).

Главное в вопросе о происхождении лёссов — не столько процесс накопления мелкозема, сколько процесс его почвенно-диагенетического преобразования в условиях сухого и холодного или сухого и жаркого климата.

Процесс формирования лёссовых пород может идти двумя путями. Первый путь — это формирование мощных лёссов как результат пустынного диагенеза, одновременного осадконакоплению, с последующим облёссованием или без него.

Второй путь — это облёссование уже отложившихся толщ мелкозема (обычно не очень мощных), с образованием лёссовидных пород (лёссовидных суглинков, супесей), а нередко, вследствие далеко зашедшего процесса облёссования, с превращением их в лёсс.

Для лёссовых пород характерно их фациальное изменение, связанное с переходом из одних ландшафтно-фациальных поясов (по В. И. Попову) в другие. Так, в пределах Русской равнины неодинаковые по происхождению лёссы встречаются по мере перехода из гляциального пояса в перигляциальный и экстрагляциальный пояса. В Средней Азии высокогорный гляциальный пояс сменяется склоновым и подгорным поясом, а далее — равнинно-пролювиальным и равнинно-аллювиальным. Ближе к пустыням проходит эолово-равнинный пояс. Развевание пыли шло и идет в пустынях, а также и в областях накопления мощных ледниковых отложений. Осевшая на склонах пыль перерабатывалась солифлюкционными, делювиальными процессами, а в предгорьях и на равнинах — пролювиальными и аллювиальными процессами. Вот почему эоловые лёссы в

чистом виде встречаются не везде, а чаще лёссы оказываются пролювиальными, делювиальными и т. д.

В горных областях лёссовый мелкоземистый покров террас имеет чаще делювиальное и пролювиальное происхождение, и пойменный мелкозем здесь не характерен. В пределах Русской равнины, в особенности в ее южных частях (Украина), древние террасы бывают прикрыты лёссовым мелкоземистым покровом не только пойменно-аллювиального происхождения, но еще и особого типа — просхозогляциальными мелкоземистыми осадками, преобразованными в лёсс и характерными для перигляциальных областей.

Отсутствие установившихся взглядов на происхождение лёссовых пород затрудняет и их классификацию. В. А. Обручев первый предложил разделять лёссовые породы на первичный эоловый лёсс (голотип) двух типов — «холодный» (европейский) и «теплый» (азиатский) и на вторичные лёссовидные породы (делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, элювиальные, озерные, флювиогляциальные, ледниковые, морские). Первичный, или типичный — только эоловый лёсс, по В. А. Обручеву, отличается всем комплексом характерных признаков и свойств. Отсутствие одного или нескольких из этих признаков заставляет, по его мнению, считать породу не лёссом, а лёссовидной породой.

Такая классификация сыграла большую положительную роль в деле изучения лёссовых пород, но в настоящее время она не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к классификации этих пород. Нельзя лёссом считать только эоловый лёсс, так как уже бесспорно доказано существование пролювиальных, делювиальных и иных водных лёссов, ничем макроскопически не отличающихся от эоловых лёссов. Взгляды А. П. Павлова на водное происхождение части украинских и среднеазиатских лёссов получили полное подтверждение.

Г. А. Мавлянов для среднеазиатских лёссовых пород предложил следующую их классификацию [1]:

I. Группа лёссовых пород:
1) эоловый лёсс,
2) пролювиальный лёсс;
3) делювиальный лёсс.

II. Группа лёссовидных пород:
1) пролювиальные лёссовидные породы;
2) делювиальные лёссовидные породы;
3) аллювиальные лёссовидные породы;
4) элювиальные лёссовидные породы;
5) ледниковые (моренные) лёссовидные породы;
6) лёссовидные породы, образовавшиеся в результате деградации эоловых и других лёссов;
7) флювиогляциальные лёссовидные породы;
8) озерные лёссовидные породы.

В качестве критерия различения лёссов от лёссовидных пород наибольшее значение имеет степень облёссования последних, а также степень последующего изменения, что позволяет разделить их на три основные группы: лёссы, лёссовидные породы и видоизмененные лёссы и лёссовидные породы.

Для практических целей разделение лёссов и лёссовидных пород можно производить, исходя из общепринятых показателей, характерных для тех и других пород, как уже отмечалось выше. Под терминами «лёсс» и «лёссовидная порода» надо понимать чисто петрографические (литологические) понятия и не связывать их с генезисом. Тогда в полевых усло-

[1] Эта классификация несколько видоизменена и дополнена В. В. Поповым.

виях легче определять и лёсс и лёссовидную породу, а установив их генезис, добавлять определение: «эоловый лёсс», «пролювиальный лёсс», «делювиальный лёссовидный суглинок» и т. д.

Изучение лёссовых пород требует применения комплекса методов, обычно применяемых при изучении четвертичных отложений.

Специфика в изучении лёссов и лёссовидных пород заключается в необходимости применения некоторых инженерно-геологических методов, связанных с изучением пористости, просадочности и фильтрационных свойств.

Для того чтобы в поле распознать лёсс и лёссовидную породу, имеющие сходные черты (вскипание с HCl, макропористость, столбчатая отдельность), можно пользоваться следующим комплексом простейших петрографических, текстурных, структурных, а также общегеологических критериев:

Лёсс	Лёссовидная порода
1. Чаще всего пылеватый	1. Чаще представляет лёссовидную супесь, лёссовидный суглинок, лёссовидную глину
2. Цвет палево-желтый	2. Цвет желтый, коричневатый, красноватый, серый, зеленоватый и др.
3. Обладает очень высокой однородностью в целом пласте	3. Менее однородна в целом пласте
4. Нет никаких признаков слоистости	4. Может быть слоистой
5. На ощупь мучнист; полностью отсутствуют грубые зерна; не имеет пластичности или она очень слабая; легко размокает, что указывает на пылеватый, в меньшей степени глинистый состав	5. Может быть грубой, содержать крупные песчинки, гравий и др.; в случае значительной глинистости может быть пластичной и хуже размокать
6. Высушенный образец без труда ломается и кусочек его легко раздавливается пальцами; излом ровный, ножом соскабливается порошок, от капли воды трещинки не образуются. Все это указывает на зернистую структуру (или зернисто-агрегативную с преобладанием зернистой) и небольшую агрегированность (по А. К. Ларионову)	6. Высушенный образец с трудом ломается и кусочек его плохо раздавливается пальцами; излом неровный, ножом соскабливаются агрегатики, от капли воды возникают трещинки. Все это указывает на агрегативную структуру (или агрегативно-зернистую с преобладанием агрегативной) и на более сильную агрегированность (по А. К. Ларионову)
7. Сильная просадочность, подверженность блюдцеобразованию; сильная подверженность суффозионно-карстовым процессам; легкая размываемость	7. Меньшая просадочность, часто ее нет; явления блюдцеобразования и суффозионно-карстовые нарушения менее выражены; худшая размываемость

Для уточнения полевого определения вида лёссовой породы (лёсс или лёссовидная порода) следует пользоваться также данными лабораторных исследований.

Лёсс	Лёссовидная порода
1. Пылеватый состав (фракции 0,05—0,005 мм чаще всего более 70—90%; преобладает фракция 0,05—0,01 мм) и небольшое содержание глинистых частиц (<0,005 мм): чаще лёсс-алеврит, реже лёсс-супесь и лёсс-суглинок	1. Обычно менее пылеватый состав (фракции 0,05—0,005 мм не более 60—70%) и большее содержание глинистых частиц (<0,005 мм): лёссовидная супесь, лёссовидный суглинок, лёссовидная глина и т. д.
2. Преобладание первичных пылеватых частиц (особенно характерно для эолового лёсса); слабая микроагрегированность (чаще в водных лёс-	2. Преобладание вторичных микроагрегированных пылеватых частиц (характерно для водных лёссовидных пород); сильная микроагрегирован-

Лесс	Лессовая порода
сах) и преобладание неводостойких агрегатов (по С. С. Морозову и А. К. Ларионову) — связь с более высокой степенью ненасыщенности поглощающего комплекса катионами $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ (указывает на более развитый процесс облёссования)	ность (исключается эоловый принос материала) и преобладание водостойких агрегатов (по С. С. Морозову и А. К. Ларионову) — связь с менее высокой степенью ненасыщенности поглощающего комплекса катионами $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ (указывает на менее развитый процесс облёссования)
3. Высокая степень окатанности зерен диаметром от 0,1 до 0,01—0,02 мм (указывает на эоловый принос пыли). Зерна, крупнее 0,1 мм, чаще угловаты, есть точечная побитость	3. Чаще зерна от 0,01 до 0,01 мм с худшей окатанностью (исключается эоловый принос материала), а зерна крупнее 0,1 мм лучше окатаны (типично для водного мелкозема)
4. Большое содержание кремнезема (>55—65%) и малое глинозема (<10—20%)	4. Меньшее содержание кремнезема (<50%) и большее глинозема (>15—25%)
5. Чаще всего равномерное — точечное распределение карбонатов (первичные карбонаты характерны для эоловых лёссов); может быть и агрегативное их распределение (вторичные карбонаты характерны для водных лёссов) — по А. К. Ларионову	5. Чаще всего агрегативное распределение карбонатов (характеризуют водное отложение материала) — по А. К. Ларионову
6. Чаще гидрослюдисто-каолинитовый состав коллоидно-дисперсной части, с меньшим содержанием монтмориллонита (характеризует меньшее воздействие влаги в процессе накопления мелкозема и бо́льшую сухость обстановки в последующем)	6. Чаще гидрослюдисто-монтмориллонитовый состав коллоидно-дисперсной части (характеризует влажную среду при накоплении мелкозема или после его отложения); типично для водных осадков
7. Более высокая общая пористость (чаще выше 45—50%) и сильная недоуплотненность, а потому обязательная просадочность ($\delta_{пр}$ >0,02)	7. Менее высокая общая пористость (чаще ниже 40—45%) и слабая недоуплотненность, а потому меньшая просадочность, которая часто отсутствует ($\delta_{пр}$ <0,02)
8. Степень деградации и видоизменения (потеря пористости, выщелоченность или засоленность, вторичная цементация — карбонатами, гипсом) слабая. Может сказываться значительная роль в поглощающем комплексе катиона $Na^{\cdot}$, обычно содействующего разрушению агрегатов (просадочные породы)	8. Степень деградации и видоизменения (потеря пористости, выщелоченность или засоленность, вторичная цементация — окислами железа, карбонатами, гипсом, хлоридами) высокая. Меньше сказывается в поглощающем комплексе роль катиона $Na^{\cdot}$ (непросадочные породы)

В общем итоге признаки разновидностей лёссовых пород, полученные на основании лабораторных исследований, всегда указывают на наибольшую полноту облёссования, в широком смысле этого слова, у лёсса и наименьшую степень потери им лёссовых черт путем деградации. В то же время у лёссовидной породы всегда проявляется меньшая полнота облёссования и очень часто — значительно бо́льшая степень деградации. Вот почему деградированный лёсс уже не лёсс и должен попадать в категорию лёссовидных пород.

Различать лёсс и лёссовидную породу можно в том случае, если условиться о признаках, которые отличают каждую из этих пород, что и было рекомендовано выше. До сих пор нет еще договоренности о критериях такого разделения, что вносит большой разнобой при описании лёссовых пород различными исследователями. В настоящем кратком руководстве делается попытка помочь полевым работникам использовать рекомендуемые критерии для разграничения лёссов и лёссовидных пород. Кроме выявления ряда петрографических, текстурных, структурных и инженерно-геологических показателей (степень просадочности и т. п.), можно ближе

подойти к установлению генезиса лёссовой породы и путем внимательного учета геоморфологических условий нахождения лёссовой породы и приуроченности ее к тому или иному ландшафтно-фациальному поясу.

Ниже приводятся некоторые примеры. Нахождение лёссовой породы в верхних частях пролювиального шлейфа или конуса (например, в пределах пролювиально-равнинного пояса одного из районов Средней Азии — под Ташкентом) заставляет предполагать пролювиальный генезис этой породы. Полнота лёссовых черт может позволить отнести ее к лёссу, а условия залегания — к пролювиальному лёссу. Обнаружение закономерного изменения состава: уменьшения грубости с удалением от гор, увеличения глинистости в этом же направлении, сопутствуемого сокращением количества неразложившихся полевых шпатов и уменьшением содержания тяжелых минералов, а также ряд других признаков подтверждают сделанный вывод.

Нахождение лёссовой породы на обширном и плоском водораздельном плато в пределах перигляциального ландшафтно-фациального пояса, где-либо в пределах северных частей Украины, заставляет предположить флювиогляциальное (и иное водное) или эоловое накопление мелкозема. Тщательное изучение разрезов лёссовых толщ, установление мощности их ярусов, погребенных в них почв, гранулометрического состава, его изменения в пространстве и в вертикальном направлении, а также особенностей химического и минералогического состава, структуры и текстуры помогает установить, водная это лёссовая порода или эоловая. Другим примером могут служить лёссовые породы обширных плоских пространств высоких террас Днепра, к востоку и юго-востоку от Киева (Лубны, Кременчуг). Здесь образование однородного многоярусного лёсса трудно объяснить без участия эолового приноса материала. Это может быть проверено изучением особенностей состава породы, ее структуры и т. д. Еще одним наглядным примером возможности однозначного решения вопроса о генезисе лёссовой породы может служить лёсс второй надпойменной террасы Днепра ниже Киева. Здесь, спускаясь со склона, на террасу налегает делювиальный лёсс, а в верхней части собственно террасы находится типичный лёсс, который книзу переходит в лёссовидные слоистые суглинки и супеси. Образование верхнего горизонта лёсса террасы можно объяснить только путем облёссования пойменного мелкоземистого аллювия. Присутствие во всей облёссованной толще минералов, встречающихся в палеогеновых породах, подстилающих аллювиальные пески, например глауконита и др., подтверждает сделанный вывод. Но необходимо его проверить еще изучением границы между лёссом и лёссовидной слоистой супесью (если граница постепенная, то эоловый генезис исключается), характера структуры, степени окатанности, характера распределения карбонатов и т. п.

В районе Луцка по склонам водоразделов отчетливо выявляется делювиальный генезис лёсса, который входит в состав верхней части наклонно залегающих чехлов делювия. В делювиальных лёссовидных суглинках, в которые переходит книзу лёсс, содержатся увеличенной мощности переотложенные горизонты погребенных почв.

При полевом описании лёссовых пород необходимо выполнить следующее.

1. Дать характеристику цвета породы и показать его изменения во всей толще и по горизонтам («ярусам»), как в вертикальном разрезе, так и по протяжению обнажения. Отметить цвет породы и вторичное его изменение. Белесоватый цвет получается за счет концентрации карбонатов, выцветов, различных других солей, бурый цвет — за счет окислов железа; указать характер окрашивания (сплошное, участками, по трещинам, кротовинам, корнеходам и т. д.).

2. Отметить текстурные особенности: однородность каждого горизонта, наличие слоистости или полосчатости, связь ее с окраской или изменением зернистости, наличие линз, прослоев и включений; однородность толщи в целом. Указать степень развития столбчатой отдельности, характер трещин отдельности, их протяженность, ширину, форму отдельностей. Одновременно надо изучить кавернозность, в том числе наличие кротовин, крупных корнеходов, червеходов, суффозионно-карстовых полостей и т. п. При необходимости детального изучения кавернозности можно фотографировать с одинакового расстояния весь пласт, затронутый кавернами, и подсчет кавернозности производить по фотографиям следующим способом: взвешиваются фотографии, из них вырезаются каверны, снова взвешиваются, и отношение веса бумаги, отвечающей вырезанным кавернам, к весу невырезанных фотографий, помноженное на 100, даст процент кавернозности. Такое фотографирование осуществимо как в обнажении, так и в шурфе. Изучается также глубина проникновения от верха обнажения корнеходов, ходов землероев, их форма, размеры, состав заполнения. Определяется цементированность стенок. Описываются следы обнаруженных мерзлотных проявлений (мерзлотных клиньев, солифлюкционных смятий слоев), а также встреченных в обнажениях и шурфах разрезов просадочных блюдец.

3. Указать структурные особенности. Подробно охарактеризовать макроструктуру: вид поверхности излома (ровный, зернистый или неровный, с участками агрегатиков). Визуально изучить макропоры. Затем следует вырезать кубики размером 1 см^3 из нескольких участков пласта в вертикальном направлении (через 0,5—1 до 2 м). Определение количества макропор и их размеров в кубике производят по шести его плоскостям. Затем кубик разрезают посередине по трем взаимно перпендикулярным плоскостям и снова ведут подсчет по внутренним граням. При этом используют лупу. Запись надо свести в таблицу.

Однородность исследуют на ощупь, путем раздавливания кубика размером 1 см^3; при этом подсчитывают число и средний диаметр зерен, выделяющихся по размеру. Содержание зерен может быть отнесено к объему кубика и выражено в процентах (определяется отношение объема зерен к объему образца). Необходимо тщательно исследовать трещиноватость, протяженность и размеры трещин.

4. Опробовать образцы 10%-ной соляной кислотой. Это опробование производится в нескольких местах по высоте пласта.

5. Изучить включения и новообразования. Определить состав крупных и мелких включений, зерен, конкреций (известковистых, железистых и др.) — журавчиков, бобовин и т. д., а также состав различных кристаллов, порошкообразных скоплений, выцветов солей. Отобрать их образцы. Отметить горизонты, где имеются скопления солей.

6. Особенно детально следует изучить погребенные почвы, выявить почвенные горизонты, их мощность, строение, наличие оподзоливания у лесных подзолистых почв, перегнойного (гумусированного) горизонта в черноземных и каштановых степных почвах и буроземах, наличие ожелезнения, железистых бобовин в подзолистых и аллювиально-луговых почвах и т. п. Отметить признаки сероземов (Средняя Азия), отличающихся комковатым строением и повышенной карбонатностью. Отобрать образцы почв, желательно в виде монолитов (в ящики).

7. Большое внимание следует обращать на сбор костных остатков, фауны моллюсков и растительных макроостатков, а также археологических остатков, встреченных в толще лёссовых пород. Их положение в разрезе должно быть строго привязано к слоям.

8. Наконец, необходимо описать современный гидрогеологический режим в районе записанного разреза лёссовой толщи и следы древнего

гидрогеологического режима, который мог повлиять на деградацию и видоизменение лёссовых пород.

Для более детального камерального изучения образцов лёссовых пород их следует отбирать не просто через каждые 1—2 м, а так, чтобы были выявлены все отличительные особенности отдельных горизонтов лёссов, лёссовидных пород, погребенных почв и т. д. Даже для однообразной на вид лёссовой толщи важно получить данные об изменении в вертикальном направлении гранулометрического, химического, минералогического состава и ряда физико-технических ее показателей, прежде всего просадочности, имеющей большое практическое значение в инженерной оценке лёссовой толщи.

Кроме макроскопического описания образцов, необходимо произвести целый ряд анализов: гранулометрический, химический, минералогический, диатомовый, пыльцевой, карпологический, физико-технический и др. В лаборатории следует определять такие физико-технические показатели лёссовых пород, как естественная влажность, максимальная объемная гигроскопичность, максимальная молекулярная влагоемкость, удельный и объемный веса, пористость, коэффициент пористости, величина активной пористости, число пластичности, коэффициент фильтрации, условная просадочность, размываемость и т. п. Для этого необходимо иметь образцы с ненарушенной структурой и естественной влажностью, с сохранением ориентировки их залегания в разрезе. Способы отбора образцов указаны в разделе «Гидрогеологические и инженерно-геологические наблюдения...»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ

Погребенные почвы являются весьма важным объектом изучения при исследовании четвертичных отложений. Почвой называется поверхностный покров суши, видоизмененный совместной деятельностью организмов и неорганических агентов выветривания. Имея небольшую мощность (не более 1—2 м), почва обладает сложным строением и подразделяется на несколько сменяющих друг друга по вертикали горизонтов, отличающихся по составу, сложению и внешнему облику. Формирование полноразвитого почвенного профиля возможно только на площадях, в пределах которых не происходит активная денудация в любой ее форме (эрозия, плоскостной смыв и т. п.). Морфологически выраженная почва также не может образоваться и в ходе накопления осадка, поскольку процессы почвообразования не успевают перерабатывать непрерывно отлагающиеся новые его слои. Поэтому наличие в толще четвертичных отложений слоя погребенной почвы указывает на перерыв в осадкообразовании. В тех случаях, когда этот перерыв имеет региональное значение, погребенные почвы становятся важными стратиграфическими опорными горизонтами при сопоставлении разрезов. Так в большинстве случаев обстоит дело с погребенными почвами в эоловых лёссах, в делювии и других генетических типах четвертичных отложений, перерывы в накоплении которых обусловлены климатическими факторами, а не изменением чисто местных условий смыва и осадконакопления. В то же время погребенные почвы отмечают былое положение поверхности Земли, и по особенностям их залегания можно поэтому судить о ходе развития рельефа в прошлом.

Основными факторами почвообразования являются растительный покров и климат. Поэтому каждой климатической и растительной зоне соответствуют свои особые типы почв, отличающиеся характерными особенностями строения почвенного профиля и легко распознаваемые непосредственно в поле по внешним признакам. Будучи весьма подвижной физико-химической системой, почва чутко реагирует на все изменения климата и

растительности и с геологической точки зрения очень быстро перестраивает свой профиль в соответствии с новой обстановкой. Поэтому тип почвы практически всегда точно отвечает существующему климату и растительности. Отсюда ясно громадное значение погребенных почв для палеогеографии четвертичного периода.

В настоящем кратком руководстве невозможно остановиться на описании всех типов почв. Для знакомства с ними следует обратиться к специальной литературе по почвоведению. Здесь же мы ограничимся лишь самыми общими сведениями. Все типы почв, встречающиеся в природе, можно сгруппировать в три генетических ряда.

Первый из них, элювиальный ряд, свойственен преимущественно водораздельным пространствам с относительно глубоким залеганием зеркала грунтовых вод. В этих условиях почвообразование протекает при свободном доступе кислорода воздуха в поры почвы, т. е. в окислительной среде, а главное, при свободном проникновении в почву атмосферных осадков, просачивающихся через нее в грунтовые воды. В связи с этим часть продуктов выветривания и почвообразования выносится здесь из верхнего так называемого элювиального горизонта почвы (горизонт А) и либо совсем удаляется из почвы, либо вторично отлагается в нижнем так называемом иллювиальном горизонте (горизонт В). Почвенный профиль приобретает четкую дифференциацию на горизонты.

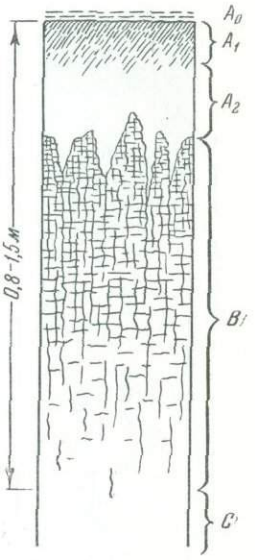
Второй генетический ряд почв — гидроморфный — включает типы почв, образовавшихся в местах с очень близким к поверхности залеганием грунтовых вод, капиллярная зона которых бо́льшую часть года практически доходит до поверхности земли. В связи с постоянной насыщенностью влагой в такие почвы кислород воздуха почти не проникает, и при наличии в них разлагающегося органического вещества создается восстановительная среда. В то же время делается невозможной и инфильтрация атмосферных осадков. Выщелачивания продуктов выветривания из верхних горизонтов почвы в этом случае не происходит и, наоборот, иногда растворимые соединения выносятся снизу вверх вместе с поднимающейся по капиллярам влагой. Почвенный профиль приобретает своеобразные черты и слабо дифференцирован на горизонты.

Третий генетический ряд почв — литогенный — объединяет типы почв, облик которых целиком определяется свойствами материнской породы. Сюда относятся почвы, развитые на породах, сильно уклоняющихся по минералогическому составу от наиболее распространенных силикатных горных пород, — известняках, доломитах, чисто кварцевых породах и т. п. В остальных случаях почвы сохраняют облик одного из типов элювиального или гидроморфного ряда, поскольку химический состав даже таких различных пород, как глины, суглинки или граниты, в общем близок. На почвах литогенного ряда, как сравнительно мало распространенных, мы останавливаться не будем.

Наиболее яркими примерами почв элювиального ряда могут служить подзолистые почвы, развитые в лесной полосе умеренного пояса, и черноземные почвы, характерные для зоны травянистых степей.

Подзолистые почвы образуются в условиях относительно влажного (гумидного) климата, т. е. при заметном преобладании инфильтрующихся атмосферных осадков над испарением. Это обеспечивает сквозную вертикальную промывку почвы просачивающейся через нее влагой. Наиболее типичные разности подзолистых почв, развитые под хвойными лесами на суглинистом или супесчаном субстрате, обладают следующими морфологическими особенностями (фиг. 33). Почва прикрыта слоем лесной подстилки (надпочвенный горизонт, или горизонт A_0), состоящим из разлагающейся хвои, листвы, веточек и шишек. В нем образуются органические вещества почвы — перегной, или гумус, содержащий гуминовые кислоты.

Последние являются важнейшими химическими агентами выветривания, протекающего в почве. Ниже следует элювиальный горизонт (горизонт А), в котором под влиянием проникающих сверху растворов гуминовых кислот происходит разрушение силикатных минералов и выщелачивание всех растворимых продуктов выветривания, удаляемых полностью из почвы в нижележащие слои горных пород или в грунтовые воды. Отсутствие в горизонте А солей Ca, Na и K и наличие свободных ионов H, связанных с гуминовыми кислотами, создают кислую реакцию среды. В итоге происходит разложение алюмосиликатов до свободных гидроокислов $Fe^{\cdots}$ и $Al^{\cdots}$, также выносимых в виде коллоидных растворов вниз. В итоге от первичных силикатных минералов материнской породы сохраняется лишь коллоидная кремнекислота в виде тонкого, белого, марающего пальцы порошка. Верхняя часть горизонта А, мощностью от 1 до 10—15 см, слабо окрашена вмытым сверху гумусом в светлосерый цвет и выделяется как подгоризонт A_1, или гумусовый подгоризонт. Нижняя, бо́льшая часть осветлена до грязно-белого цвета и выделяется как горизонт A_2, или подзолистый подгоризонт, названный так по его внешнему сходству с печной золой. Ниже следует иллювиальный горизонт В, окрашенный в бурый или красновато-бурый цвет отложенными в нем гидратами полуторных окислов Fe и Al, вымытыми сверху и образующими иногда железистые стяжения, и постепенно переходящий в горизонт С — материнскую породу почвы.



Фиг. 33. Схема профиля подзолистой почвы:

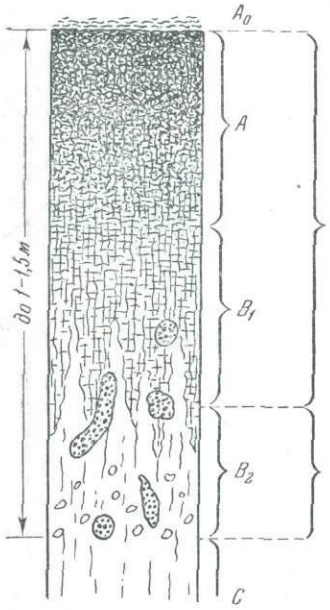
A_0 — «лесная подстилка»; A_1 — гумусовый подгоризонт элювиального горизонта; A_2 — подзолистый подгоризонт элювиального горизонта; B — иллювиальный горизонт; C — материнская порода

Мощность подзолистой почвы может достигать 1—1,5 м.

Черноземные почвы формируются в условиях более сухого климата, когда почва во влажные сезоны года промачивается на глубину до 1—1,5 м, но сквозная фильтрация влаги через нее не происходит. В итоге из горизонта А выносятся лишь растворимые соли и карбонаты, но даже часть ионов Ca сохраняется в поглощенном состоянии, т. е. сорбируется коллоидным гумусовым веществом. На целинных участках степи поверх почвы расположен тонкий слой сухих полуразложенных отмерших стеблей трав (надпочвенный горизонт A_0), носящий название «степной войлок» (фиг. 34). Ниже идет окрашенный гумусом в темнокоричневый, почти черный цвет горизонт А, легко распадающийся на мелкие крупинки (так называемая порошистая, или зернистая, структура, образовавшаяся вследствие коагуляции гумуса в присутствии иона Ca). Этот горизонт лишен карбонатов и не вскипает с HCl. Лежащий ниже иллювиальный горизонт В, наоборот, обогащен вмытыми сверху карбонатами и бурно вскипает в HCl. Его верхняя граница и определяется по этому признаку, так как верхняя часть иллювиального горизонта также обогащена гумусом, вмытым сверху, и входит в состав гумусовой части профиля (гумусового горизонта). Верхняя, гумусовая часть горизонта В (подгоризонт B_1) окрашена неравномерно, потеками. Нижняя его часть (подгоризонт B_2) лишена гумусовой окраски, но богата вмытыми карбонатами (карбонатный горизонт), либо сплошь цементирующими породу, либо содержащимися в виде отдельных пятен (белоглазка), прожилок (лжегрибница) или полых

конкреций (дутики). В этой части профиля и в верхах подстилающей материнской породы (горизонт С) лучше всего заметны на разрезе так называемые «кротовины» — сечения нор различных землероев (сусликов, сурков и т. п.), заполненные крошевом из смеси частиц различных почвенных горизонтов.

В качестве примера почв гидроморфного ряда остановимся на болотных или торфяно-глеевых почвах лесной зоны умеренного пояса. Они развиваются на участках с близким к поверхности залеганием грунтовых вод и в течение всего года или большей его части напитаны влагой, препятствующей инфильтрации атмосферных осадков и проникновению кислорода воздуха. Отмирающая растительность в этих условиях в большей своей части обугливается и дает начало торфу, образующему верхний горизонт почвы (торфяный горизонт Т, см. фиг. 35). Ниже следует горизонт, в котором, при отсутствии кислорода и наличии сильных восстановителей в виде гумусовых веществ, выветривание идет с образованием гидрата закиси железа, а присутствовавшая до этого в породе окись железа также восстанавливается до закиси. Коллоидные гидраты закиси железа и ее соединения окрашивают породу в зеленовато-серые и сизые тона, а во влажном состоянии придают ей бесструктурность и липкость, т. е. характерные черты болотного глея, подстилающего всегда торф. Отсюда и название горизонта — глеевый (гориз. G), а самого процесса его образования — оглеение. В сухие сезоны года, при понижении уровня грунтовых вод, часть глеевого горизонта высыхает. Ссыхаясь, он растрескивается на полигональные или призмовидные отдельности, а проникающий по трещинам кислород воздуха частично окисляет закись железа в окись. Поэтому на сухих выходах оглеенная порода всегда выделяется серо-зеленым фоном и охристыми пятнами.



Фиг. 34. Схема профиля черноземной почвы:

A_0 — «степной войлок». Гумусовый горизонт; A — элювиальный горизонт; B_1 — гумусовая часть иллювиального горизонта. Карбонатный горизонт. B_2 — безгумусовая часть иллювиального горизонта. C — материнская порода

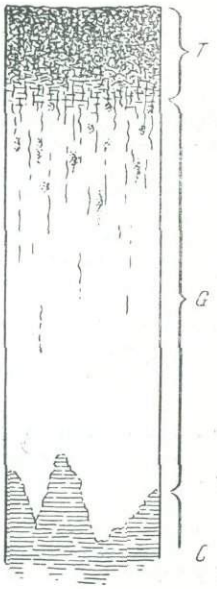
Приведенных примеров достаточно, чтобы стало ясно, что почвой следует именовать далеко не один лишь окрашенный перегноем поверхностный слой, а гораздо более мощный и сложно построенный профиль. Это относится и к погребенным почвам, которые отличаются, однако, некоторыми своеобразными особенностями.

Во-первых, в погребенном состоянии далеко не всегда сохраняется весь почвенный профиль. Очень часто верхние, окрашенные гумусом его части оказываются разрушенными и остаются лишь нижние иллювиальные горизонты — железистые или карбонатные, в зависимости от типа почвы.

Во-вторых, погребенные почвы обычно изменены эпигенетически. Это выражается прежде всего в обугливании гумуса и уменьшении содержания органического вещества в верхних горизонтах профиля, теряющих интенсивность окраски. На выветрелой сухой поверхности обнаженных стенок оврагов остатки гумуса иногда и вовсе выгорают, и требуется большое внимание, чтобы заметить погребенный почвенный горизонт. Лишь

зачистив выход и удалив поверхностную, высохшую и окисленную часть погребенной почвы, удается выявить лучше сохранившийся и более типично выраженный ее профиль. Но и в нем, как правило, почва уплотнена и лишена уже характерной для нее отдельности (структуры). В ее верхние горизонты из кроющей толщи пород иногда вмыты различные минеральные вещества, особенно углекислый кальций, так что даже гумусовая часть профиля может вскипать с HCl.

Все это необходимо учитывать при полевых исследованиях. Надо помнить также, что погребенной почвой нельзя считать любой прослой, окрашенный гумусом. Лишь в том случае, если этот прослой входит в состав почвенного профиля, включающего как элювиальные, так и иллювиальные горизонты, это действительно часть почвы. Если же никаких следов таких более глубоких почвенных горизонтов нет, а тем более если окрашенный гумусом слой несет признаки слоистости, обнаруживает явное увеличение мощности вниз по склону, то это лишь продукты перемывания почвы, отложенные делювиальным или каким-либо иным путем, и почвой их называть нельзя.



Фиг. 35. Схема профиля болотной (торфяно-глеевой) почвы:

T — торфяной горизонт; *g* — глеевый горизонт; *C* — материнская порода

Особенно внимательным надо быть, чтобы не пропустить погребенные почвы при описании разрезов буровых скважин. Необходимо тщательно осматривать весь керн, извлеченный за рейс, не ограничиваясь откалыванием от него одного небольшого кусочка. Наряду с указанными выше внешними признаками следует особое внимание уделять содержанию карбонатов. Элювиальные горизонты большинства почв, а для подзолистых почв и весь их профиль, лишены карбонатов и с HCl не вскипают. Во многих случаях этот признак сохраняется и у погребенных почв, что очень помогает их выделению в разрезах, сложенных карбонатными суглинистыми и супесчаными породами, широко развитыми среди четвертичных отложений. Большое значение имеют также горизонты, обогащенные карбонатами в рассеянном виде или в форме дутиков. Возможно, что эти горизонты представляют собой сохранившиеся в ископаемом состоянии иллювиальные части почвенного профиля.

Описание погребенных почв следует вести по их генетическим горизонтам, так же как и отбор образцов. Для этого совершенно необходимо производить расчистки в обнажениях, чтобы удалить поверхностную, выветрелую часть выхода пород. Из опорных разрезов и обнажений, в которых погребенные почвы особенно хорошо сохранились, из каждого генетического горизонта почвы надо отбирать крупные образцы до 0,5—1 кг весом, желательно с ненарушенной структурой. Для точного определения почвенного типа рекомендуется подвергать их при камеральной обработке специальному анализу, хотя бы по сокращенной программе, принятой в почвоведении (агрегатный механический анализ, гранулометрический анализ с предварительным насыщением ионом Na для разрушения агрегатов, определение содержания гумуса, свободных полуторных окислов, карбонатов и закиси железа). Желательно также отбирать из типичных разрезов полные монолиты почвенного профиля, для чего полезно иметь заранее заготовленные стандартные деревянные ящики. Такие ящики делаются из хорошо обструганных сухих досок толщиной 20 мм. Размеры

ящиков: длина 0,8—1 или 1,5 м, ширина 15—20 см, высота 7—10 см. Стенки ящика соединяются в шип, дно и крышка должны быть хорошо пригнаны (на шурупах). Перед взятием монолита зачищается вертикальная стенка, на которую накладывают (в виде рамки) ящик с отвинченными дном и крышкой, и обводя ее внутренний контур ножом. Затем лопатой и ножом обкапывают и обравнивают призму почвы по размеру нанесенного контура и плотно надевают на нее рамку из стенок ящика — так, чтобы призма почвы слегка из нее выступала. Обрезав поверхность призмы вровень со стенками, плотно привинчивают дно и обрезают монолит с запасом с внутренней стороны, отваливая его от стенки расчистки косыми врезами с боков. Срезав ножом выдающуюся над стенками ящика часть почвы, плотно привинчивают крышку, предварительно заполнив зазоры у стенок, если они остались, сухой травой, мохом и т. п. Вес монолита в сухом состоянии около 15—25 кг.

Литература

Исследование ледниковых валунов

Рухин Л. Б. Основы литологии. М.—Л., Гостоптехиздат, 1953.

Чирвинский П. Н. Материалы к познанию химического и петрографического состава ледниковых отложений юго-западной России в связи с вопросом о движении ледникового покрова — Записки Киевск. общ. естествоиспыт., 1914, **24**, вып. 2—3.

Яковлев С. А. О соотношениях ледниковых покровов четвертичного периода, исходивших из Скандинавского, Новоземельского и Уральского центров оледенения.— Бюлл. Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1953, № 18.

Яковлева С. В. Об исследовании ледниковых валунов. — Труды Сов. секции Ассоциации по изуч. четвертичн. периода, 1941, вып. 5.

Яковлева С. В. Исследование ледниковых валунов. В кн.: «Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений». Ч. 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Исследование галечников

Даргевич В. А. Ориентировка галек флювиогляциальных отложений Шапки-Кирсинского района Ленинградской области. — Вестн. Ленингр. унив., 1949, № 8.

Кухаренко А. А. Пример реконструкции условий формирования галечников по характеру ориентировки галек. — Научн. бюлл. Ленингр. унив., 1947, № 1.

Саркисян С. Г. и Климова Л. Т. Ориентировка галек и методы их изучения для палеогеографических построений. М., Изд. Акад. наук СССР, 1955.

Хабаков А. В. Краткая инструкция для полевого исследования конгломератов. — Л.—М., Гос. научно-техн. геол.-развед. изд., 1933.

Хабаков А. В. Наблюдение над ориентировкой обломочных зерен и первичных включений. В кн.: «Методическое руководство по геологической съемке и поискам». М., Госгеолтехиздат, 1954.

Яковлева С. В. Исследование галечников. В кн.: «Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений». Ч. 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Исследование песков

Батурин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.—Л., Изд. Акад. наук СССР, 1947.

Жемчужников Ю. А. Тип косой слоистости как критерий генезиса осадка.— Записки Ленингр. горн. инст., 1926, **4**.

Методическое руководство по геологической съемке и поискам. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Орвику К. К. Пленочный монолит. — Ученые записки Тартусск. унив., 1948, **4**.

Рухин Л. Б. Основы литологии. М.—Л., Гостоптехиздат, 1953.

Ферсман А. Е. Цвета минералов. М.—Л., Изд. Акад. наук СССР, 1936.

Хабаков А. В. Косая слоистость осадочных толщ как показатель условий их образования. — Природа, 1951, № 4.

Швецов М. С. Петрография осадочных пород. М.—Л., Госгеолиздат, 1948.

Яковлев С. А. Общие приемы полевых исследований и камеральная обработка. В кн.: «Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений». Ч. 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Яковлева С. В. Исследование песков. В кн.: «Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений». Ч. 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Исследование глин

Веденеева Н. Е. и Викулова М. Ф. Метод исследования глинистых минералов с помощью красителей и его применение в литологии. М., Госгеолиздат, 1952.

Викулова М. Ф. О новейших методах исследований глинистых минералов. В кн.: «Труды Всес. совещ. работн. мин.-петр. лабор.». М.—Л., Госгеолтехиздат, 1955.

Гинзбург И. И. и Рукавишникова А. И. Минералы древней коры выветривания. М., Изд. Акад. наук СССР, 1951.

Грим Р. Е. Минералогия глин. М., Изд. Иностр. лит., 1956.

Михайлов Б. М. Результаты окрашивания метиленовым голубым смесей глинистых минералов. — Информ. сборник Всес. геол. инст., 1955, № 2.

Рухин Л. Б. Основы литологии. М.—Л., Гостоптехиздат, 1953.

Страхов Н. М. и др. Образование осадков в современных водоемах. М., Изд. Акад. наук СССР, 1954.

Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. М., Изд. Акад. наук СССР, 1955.

Исследование лёссов и лёссовидных отложений

Берг Л. С. О происхождении лёсса. — Изв. Русск. геогр. общ., 1916, **52**.

Бондарчук В. Г. О лёссе южной части Русской равнины. — Сов. геология, 1939, **9**, № 8.

Васильковский Н. П. К вопросу о происхождении лёсса. — Труды Инст. геол. Акад. наук Узб. ССР, 1952, вып. 8.

Герасимов И. П. Вопросы генезиса и стратиграфии лёссовых отложений в палеогеографическом освещении. — Труды Инст. геогр. Акад. наук СССР, 1940, **34**.

Денисов Н. Я. Строительные свойства лёсса и лёссовидных суглинков. М., Гос. изд. лит. по строит. и архит., 1953.

Дмитриев Н. И. О стратиграфии лёсса среднего Приднепровья. — Ученые записки Харьк. унив., 1937, № 8—9.

Крокос В. И. Время происхождения украинского лёсса. — Почвоведение, 1926, **31**, № 1.

Ларионов А. К. О характере распределения карбонатов в лёссовых породах. — Докл. Акад. наук СССР, 1955, **102**, № 4.

Мавлянов Г. А. О происхождении лёсса и лёссовидных пород южных районов Средней Азии. — Материалы по четвертичн. периоду СССР, 1950, вып. 2.

Мирчинк Г. Ф. О физико-географических условиях эпохи отложения верхнего горизонта лёсса на площади Европейской части СССР. — Изв. Акад. наук СССР, 1928, № 2.

Морозов С. С. Химико-минералогический состав и физические и физико-химические свойства отдельных гранулометрических фракций лёссов Приднепровья и генетически близких им пород. — Ученые записки Моск. унив., 1949, вып. 133.

Москвитин А. И. Погребенные почвы Прилукского округа Украины и время лёссообразования. — Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., 1930. 8, № 3—4.

Неуструев С. С. Почвенная гипотеза лёссообразования. — Природа, 1925, № 1—3.

Обручев В. А. Проблема лёсса. — Труды II Междунар. конфер. Ассоц. по изуч. четвертичн. периода, 1933, **2**.

Обручев В. А. Лёсс как особый вид почвы, его происхождение, типы и задачи изучения. — Материалы по четвертичн. периоду СССР, 1950, вып. 2.

Павлов А. П. О европейском и туркестанском лёссе. — Протоколы засед. Моск. общ. испыт. природы, М., 1903.

Полынов Б. Б. Кора выветривания. Ч. 1. Л., Изд. Акад. наук СССР, 1934.

Попов В. В. К вопросу о «лёссовой проблеме». — Бюлл. Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1953, № 19.

Попов И. В. Инженерная геология. М., Госгеолиздат, 1951.

Седлецкий И. Д. и Ларионов А. К. Коллоидно-дисперсные минералы и водно-физические свойства связных грунтов.—Докл. Акад. наук СССР, 1955, **102**, № 5.

Скворцов Ю. А. Юные тектонические движения Тянь-Шаня и генезис лёсса Приташкентского района. В кн.: «Труды Всесоюзного рабочего совещания по итогам изучения четвертичного периода». Ташкент, Изд. Акад. наук Узб. ССР, 1953.

Сукачев В. Н. К фитопалеонтологии лёсса и лёссовидных суглинков в связи с их происхождением. — Труды Сов. секции междунар. Ассоц. по изуч. четвертичн. периода, 1939, **4**.

Трофимов И. И. Группа лёссовых пород Таджикистана (опыт комплексных исследований). В кн.: «Труды Всесоюзного рабочего совещания по итогам изучения четвертичного периода». Ташкент, Изд. Акад. наук Узб. ССР, 1953.

Исследование погребенных почв

Герасимов И. П. Древние почвенные и элювиальные образования и их значение для палеогеографии четвертичного периода. — Труды Инст. геогр. Акад. наук СССР, 1946, **37**.

Глинка К. Д. Почвоведение. Изд. 6. М., Сельхозгиз, 1935.

Захаров С. А. Краткий курс практических занятий по почвоведению. Изд. 2. М., Гос. изд. с.-х. и колхоз. кооп. лит., 1930.
Захаров С. А. Курс почвоведения. Изд. 2. М., Гос. изд. с.-х. и колхоз. кооп. лит., 1931.
Качинский Н. А. Почва, ее свойства и жизнь. М., Изд. Акад. наук СССР, 1951.
Москвитин А. И. Погребенные почвы Прилукского округа Украины и время лёссообразования. — Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., 1930, 8, № 3—4.
Петров Б. Ф. Значение ископаемых и древних почв для четвертичной палеографии. — Материалы по четвертичн. периоду СССР, 1950, вып. 2.
Роде А. А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М., Изд. Акад. наук СССР, 1947.
Садовников И. Ф. Руководство к производству почвенных исследований. М., Сельхозгиз, 1946.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ЭРОЗИОННЫМИ ФОРМАМИ РЕЛЬЕФА

Важнейшими объектами геоморфологических наблюдений при изучении четвертичных отложений являются речные долины и другие формы рельефа, связанные с работой проточных вод. Значение эрозионных форм рельефа прежде всего вытекает из их универсальности. Они широко распространены на всей поверхности континентов, во всех географических зонах, орографических и геотектонических областях. С выработкой эрозионных форм неразрывно связано формирование аллювия, наиболее распространенного и важного в научном и практическом отношении типа четвертичных отложений.

Наконец, эрозионные формы рельефа и связанные с ними отложения ярче всех других форм отражают новейшие тектонические движения земной коры, колебания уровня океана, изменения климата и других элементов физико-географической среды. Поэтому изучение их позволяет наиболее полно восстанавливать особенности развития картируемого района в новейший этап его геологической истории.

К эрозионным формам, созданным в результате размыва поверхности суши текущей по уклону водой, образующейся за счет выпадения атмосферных осадков или таяния снега и льда, а также выхода на поверхность подземных вод, относятся первичные эрозионные борозды (делли), овраги, балки и долины.

Делли представляют собой зачаточные эрозионные ложбины стока, образующиеся на пологих покатостях междуречий и на склонах долин в результате размыва поверхности временными водотоками при весеннем таянии снегового покрова и после выпадения дождей. Эти образования стоят на грани процессов плоскостной денудации и линейной эрозии, отражая первоначальный этап ее проявления.

Изучение деллей, характеризующихся небольшой глубиной, отсутствием ясно выраженного русла и пологими, плавно сливающимися с общей поверхностью склонами, представляет интерес с точки зрения выяснения условий формирования склонов и связанных с ними четвертичных осадков.

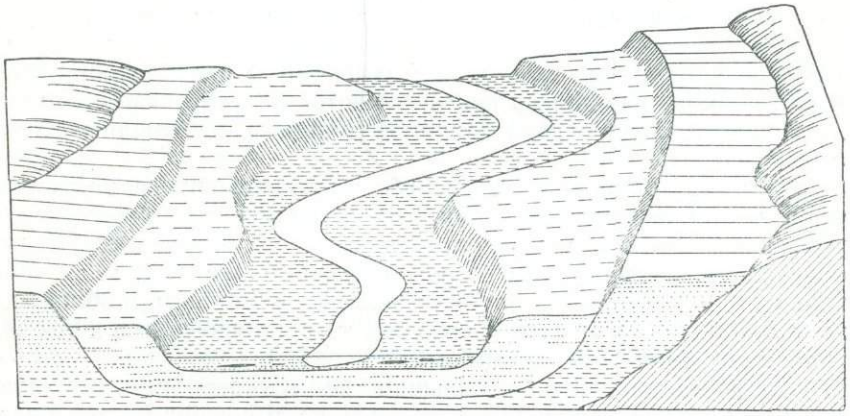
Наблюдение деллей в сильно залесенных районах затрудняется их малыми размерами (длина обычно не превышает 100—200 м, редко достигая 1 км), однако они прекрасно фиксируются на аэрофотоснимках.

Более развитой, но все же начальной формой проявления эрозии являются овраги (лога). Не останавливаясь на достаточно известных особенностях морфологии этих форм, отметим лишь значительное их разнообразие и закономерную приуроченность к определенным географическим условиям. Так, типичные овражные формы характерны главным образом для степной и лесостепной зоны.

Наиболее интенсивное развитие овражно-балочной сети наблюдается на территориях, издавна освоенных под земледелие. Уничтожение лесов и длительная распашка ведут к вторичному возникновению и росту оврагов, что в свою очередь приводит к усиленному смыву почвенного слоя (эрозии) и уменьшению площади пахотных земель.

В таежных районах овраги имеют более ограниченное развитие, обычно не выходят за пределы склонов долин крупных рек. Характерной особенностью морфологии оврагов является значительная крутизна и нетеррасированность склонов, а также узость тальвега и крутое его падение и разветвленная, «древовидная» форма в плане. Существенное влияние на расширение оврагов и логов оказывает залеживание снега.

При геологической съемке необходимо выделить морфологические типы оврагов, установить причины их образования, оконтурить площади



Фиг. 36. Схема строения речной долины

наиболее интенсивного их развития, изучить состав и характер выполняющих овраги делювиальных и аллювиальных отложений. У подножия склонов долин нередко наблюдаются небольшие конусы выносов, отходящие от устьев, врезанных в склон оврагов. Следует охарактеризовать форму и размеры овражных конусов выноса и изучить слагающие их отложения.

Необходимо подчеркнуть, что начальные формы эрозионного рельефа того или иного типа наблюдаются во всех географических зонах. Основным признаком их является отсутствие постоянного водотока.

Наиболее развитые и интересные формы эрозионного рельефа — долины — образуются путем длительной размывающей работы постоянных водотоков — ручьев и рек.

Развиваясь регрессивно — вверх по течению, речные долины постепенно захватывают и расчленяют водоразделы, создавая основные черты эрозионного рельефа в целом. Помимо этого, развитие долин может быть следствием стока вод с круто воздымающихся склонов хребтов. В этом случае заложение долин происходит в верхних ярусах рельефа и развитие их идет прогрессивно — сверху вниз.

С эрозионным врезанием долин связана бо́льшая часть процессов формирования наиболее важных и распространенных типов четвертичных отложений, таких, как аллювий, пролювий, делювий и коллювий.

Аллювиальные и пролювиальные осадки, аккумулирующиеся на дне долин, являются непосредственным результатом работы водных потоков. Накопление делювия и коллювия приурочено главным образом к склонам

долин и, следовательно, становится возможным лишь после образования хотя бы зачаточных эрозионных склонов.

В каждой долине различают три основных элемента: днище (тальвег), склоны (борта) и террасы (фиг. 36).

В зависимости от геологического строения прорезаемого рекой участка суши, от физико-географических особенностей района и истории формирования долины (времени заложения, нарушений нормального хода развития, связанных с тектоническими колебаниями земной коры, климатическими изменениями, оледенениями и т. п.) меняются размеры и характер этих основных элементов долины и их соотношения.

Поэтому при изучении долин необходимо установить и описать основные особенности их морфологии и выяснить зависимость этих особенностей от перечисленных выше причин.

По морфологическим и генетическим признакам различают прежде всего долины горных и равнинных рек. Главным отличием этих двух основных категорий долин является разное соотношение склонов и днища. Для горных долин характерна значительная высота и крутизна склонов, узкое дно и большое, часто неравномерное (ступенчатое) падение тальвега, в то время как долины равнинных рек отличаются обычно невысокими отлогими склонами, значительной шириной днища и небольшим падением русла реки.

Среди горных долин можно выделить чисто эрозионные, не зависящие от геолого-тектонического строения, пересекающие тектонические структуры поперек или вкось к их простиранию, и тектонические. Последние подразделяются на пассивные — эрозионно-тектонические, т. е. приспособившиеся к ослабленным тектоническим зонам (линиям дробления, разрыва и т. п.), и собственно тектонические, т. е. приуроченные к тектоническим впадинам (грабенам, прогибам).

Долины равнинных рек в большинстве случаев чисто эрозионные. Однако и на равнинах тектоническое строение и новейшие тектонические движения нередко находят отражение как в морфологии отдельных участков долин, так, в особенности, в конфигурации долинной сети в плане. Эта зависимость позволяет иногда путем анализа очертаний долинной сети и ряда других геоморфологических особенностей выявлять закрытые структуры равнинных территорий и устанавливать проявления новейших движений.

Морфологическими признаками тектонических долин горных областей являются их продольное положение по отношению к основным направлениям орографических элементов и тектонических структур, относительная прямолинейность, нередко значительная ширина и глубина.

В долинах, приспособившихся к зонам тектонических разрывных нарушений, часто наблюдается резкая асимметрия, которая обычно служит признаком моноклинальных долин, т. е. проложенных вдоль, моноклинально падающих, неоднородных по составу пластов.

Для чисто эрозионных горных долин, кроме диагонального или поперечного направления по отношению к простиранию коренных пород и тектонических линий, характерно чередование крутых и отлогих склонов (попеременная асимметрия), извилистость в плане; U-образный поперечный профиль, узкое дно со слабо развитой поймой или без нее.

Нередко в горных районах встречаются узкие поперечные долины, пересекающие крутосклонным ущельем целые хребты. Такие долины или части долин, называемые сквозными, или долинами прорыва, могут быть разного происхождения. Чаще всего они являются результатом перехвата, обусловленным неравномерным развитием регрессивной эрозии притоков, стекавших с противоположных склонов хребта.

Кроме того, сквозные долины образуются при пересечении рекой постепенно поднимающегося блока (горста) или антиклинали (антецедент-

ные долины) или при углублении долины, заложенной в рыхлом ненарушенном покрове верхнего структурного яруса, в сложно дислоцированный фундамент (эпигенетические долины). При эпигенетическом наложении река пропиливает структуры фундамента, сохраняя свое первоначальное направление. *С эпигенетическими долинами связано нередко образование* так называемых врезанных меандр. Необходимо отметить, что очень редко долины более или менее крупных рек сохраняют на всем протяжении одинаковый характер. На одних участках река может протекать в тектонической долине, на других вырабатывать чисто эрозионную долину или пересекать растущую тектоническую структуру, образуя антецедентный участок. Чередование участков разного происхождения и характера свойственно большинству крупных долин, горных областей. Обычно их называют сложными, или гетерогенными, долинами.

Долины равнинных рек в своей морфологии реже отражают геолого-тектоническое строение территории, отличающееся обычно относительной простотой и однообразием. Лишь в редких случаях на равнинах наблюдаются эпигенетические и даже антецедентные участки, примером чего может служить долина Волги в районе Жигулей (Обедиентова, 1953).

Значительно бо̀льшую роль в истории развития и формирования долин равнинных областей играли климатические изменения и связанные с ними материковые оледенения, а также колебания уровня океана — эвстатические и обусловленные тектоническими движениями.

Большую роль в морфологии долин как горных, так и равнинных рек играют речные террасы. Поэтому при изучении общих черт и особенностей поперечного и продольного профиля долин основное внимание следует уделять всестороннему исследованию террас.

Изучение и картирование террас при геологической съемке важно еще *и потому, что на общих геологических картах четвертичные отложения,* как правило, показываются именно в пределах речных долин, поскольку коренные породы здесь размыты на значительную глубину.

Речными террасами называются ступенеобразные уступы на склонах, представляющие собой уцелевшие от размыва остатки прежнего дна долины.

Верхняя, горизонтальная или полого наклоненная, более или менее ровная поверхность (площадка) террасовой ступени, отвечающая древнему днищу долины, оказывается приподнятой над современным руслом реки на бо̀льшую или меньшую высоту в результате последовавшего за ее формированием врезания реки и углубления долины. При врезании образуется уступ, или склон террасы, отделенный от верхней поверхности более или менее резким переломом, носящим название бровки террасы. Линия примыкания террасы к коренному склону долины или уступу более высокой террасы называется тыловым швом, или нагорным краем террасы. Как поверхность, так и уступ, бровка и тыловой шов террас могут иметь самую различную форму и выраженность в зависимости от большей или меньшей древности и сохранности террасы, условий ее формирования и воздействия последующих процессов денудации.

Обычно различают три типа речных террас:

1. Аккумулятивные — целиком сложенные аллювием, возраст которого определяет возраст террасы.

2. Эрозионные — целиком вырезанные в более древних породах, как правило, без аллювиального покрова.

3. Цокольные (эрозионно-аккумулятивные), у которых верхние горизонты сложены аллювием, а нижние горизонты (цоколь) — более древними породами.

Следует подчеркнуть, что степень выраженности террас в рельефе зависит, с одной стороны, от относительной древности данной террасы и, с

другой стороны, от состава слагающих ее отложений и степени интенсивности денудационных процессов.

Более древние террасы имеют менее резко выраженные (сглаженные) бровку и тыловой шов; у молодых они более резко выражены.

Денудационные процессы накладывают отпечаток на характер поверхности террасы. При интенсивном развитии эрозионных процессов терраса может быть сильно расчленена и от нее сохраняются лишь отдельные фрагменты.

Существенные изменения претерпевает поверхность террасы и при таких процесах, как делювиальный, оползневый, эоловый, термокарстовый и суффозионный.

В первом случае особенно сильно изменяется тыловая часть террасы, в месте сочленения ее с коренным склоном или с более высокой террасой, которая приобретает сглаженные очертания.

Оползни могут значительно изменить морфологию поверхности и уступа террасы, вызвать ее деформацию и создать ряд дополнительных уровней, которые могут быть приняты за первичные эрозионные образования.

Эоловые процессы ведут к образованию на поверхности террасы холмистого (дюнного) рельефа.

В условиях мерзлоты на поверхности террасы часто развиваются впадины термокарстового происхождения, нередко заполненные водой. Таков характерный для Сибири «аласовый» рельеф, наблюдаемый на поверхности высоких террас.

Подобные же западины возникают при нормальном карстовом процессе, под влиянием суффозии, на поверхности цокольных и эрозионных террас в случае развития в известняках и в глинистых грунтах. У многих долин отмечена резкая асимметрия склонов. Она находится в связи с моноклинальным характером залегания коренных пород, но в большинстве случаев обусловлена различной степенью инсоляции склонов и подмыва рекой берегов, что в свою очередь объясняется неравномерностью неотектонических движений, вызывающих смещение русла, или — для рек Северного полушария, текущих в меридиональном направлении, — так называемым «законом Бэра».

Кроме описанных террас, которые образовались в результате резких изменений в ходе развития долины, вызванных тектоническими или климатическими причинами (колебаниями базиса эрозии или понижениями уровня воды в реке), и носят название цикловых, или сквозных (Шульц, 1953), на склонах речных долин могут быть встречены ступени иного происхождения. Сюда относятся локальные террасы. Они также связаны с эрозионно-аккумулятивной работой реки, но, в отличие от цикловых, не являются результатом коренной перестройки режима реки, обусловленной региональными тектоническими или климатическими причинами. Они образуются в постоянных тектонических и климатических условиях, при обычной разработке долины параллельно протекающими процессами глубинной и боковой эрозии (террасы врезания по С. С. Шульцу). Локальные террасы имеют ограниченное развитие и не прослеживаются вдоль долины. К ним следует относить также дополнительные местные террасовые уступы, встречающиеся на антецедентно развивающихся участках долин и связанные с локальными новейшими тектоническими движениями. К псевдоэрозионным формам принадлежат ступени на склонах долин, в образовании которых эрозионная работа реки не принимает прямого участия. Это структурные ступени, связанные с выходом на склоне долины горизонтально или полого залегающих пластов коренных пород неодинаковой устойчивости, морозобойные уступы, оползневые уступы, подмытые рекой конусы выноса и т. п.

Существенной задачей геоморфологических наблюдений является отделение цикловых эрозионных террас от сходных с ними по морфологии локальных и псевдоэрозионных.

Для установления цикловых террас необходимо прослеживать наблюдающиеся на склонах ступени вдоль всей долины.

Кроме составления поперечных профилей для каждого участка долины, отличающегося какими-либо морфологическими или геологическими особенностями, следует составлять продольные профили террас. Для этого на продольном профиле реки наносят все зафиксированные при наблюдениях площадки террас на соответствующей высоте над рекой с обозначением условными знаками (в виде узких колонок) высоты коренного цоколя и разреза аллювиальных отложений. Сопоставление террас на продольном профиле по относительным и абсолютным высотам, с учетом их геологического строения и палеонтологических (пыльца, споры, семена, кости позвоночных, раковины моллюсков) и археологических остатков, позволяет установить действительно цикловые террасовые уровни, отвечающие определенным этапам (циклам) в развитии долины. Большую пользу при сопоставлении террас приносит также изучение минералогического и петрографического состава аллювиальных отложений. Такое изучение нередко помогает выявить дополнительные данные для корреляции одновозрастных террас и отложений по характерным минералого-петрографическим ассоциациям, присущим аллювию той или иной террасы.

Сопоставление террас только по высотным данным может привести к грубым ошибкам, так как на разных участках крупных долин высоты одновозрастных террас могут сильно колебаться в зависимости от дифференциальных тектонических движений и других причин.

Для установления локальных и псевдоэрозионных террас также требуется тщательный анализ их геологического строения и морфологии. Наиболее характерным признаком их является отсутствие закономерностей в высотном положении, а также связь с литологией коренных пород или с оползневыми явлениями.

При описании кратко охарактеризованных выше эрозионных и эрозионно-аккумулятивных форм рельефа необходимо в процессе геологической съемки, кроме тщательного изучения слагающих их отложений в естественных обнажениях и горных выработках (с отбором проб и образцов для лабораторного исследования), отмечать:

1) формы поперечного сечения долин (V-образная, корытообразная, ящикообразная, асимметричная и т. п.);

2) высоту, угол наклона и форму склонов (выпуклый, вогнутый прямой, ступенчатый и т. д.);

3) степень и характер расчлененности склонов (густота и глубина логов и оврагов, наличие деллей, оползней и оплывин, пещер, ниш, земляных пирамид, осыпей и делювиальных шлейфов);

4) наличие перегибов и ступеней на склонах, их происхождение (структурные и оползневые уступы, эрозионные и аккумулятивные террасы);

5) при наблюдении террас — высоту бровки, средней части и тылового шва, ширину площадки террасы, ее протяженность в каждом месте наблюдения, угол наклона поверхности террасы (к реке или к тыловому шву, вверх или вниз по течению), положение данного участка террасы по отношению к излучинам реки и долины, рельеф поверхности террасы (наличие прирусловых валов, стариц, озер), характер уступа террасы (крутой, сглаженный, размытый и т. п.).

Все эти данные, помимо описания в дневнике, следует изобразить графически на поперечных геоморфологических профилях долины. Последние удобнее всего составлять на миллиметровой бумаге, в более или менее крупном масштабе, в зависимости от величины долины, высоты ее бортов,

сложности геологического строения и детальности исследования. Горизонтальные расстояния, относительные превышения и углы наклона измеряются при составлении профилей полуинструментально (при помощи горного компаса, эклиметра, анероида и шагомера), а также путем использования топографических карт и аэрофотоматериалов. При детальных работах применяют инструментальную нивелировку с измерением расстояний рулеткой или мерной лентой.

Наиболее интересные и характерные особенности морфологии долины в целом или отдельных участков склона террас и т. п. рекомендуется фотографировать и зарисовывать. Важно также выявлять соответствующие черты и формы рельефа на аэрофотоснимках с целью выработки дешифровочных признаков для использования при сопоставлениях разных отрезков долины и картирования однотипных образований.

Кроме описания поперечного сечения долины в разных участках, характеристики террас и нанесения их на продольный профиль реки, необходимо обратить внимание на ориентировку долины по отношению к простиранию геологических структур, проанализировать причины резких поворотов реки и долины, чередования озеровидных расширений и суженных участков, наличия порогов и других переломов продольного профиля. Наконец, очень важно установить соотношение продольных профилей русла и террас притоков с главной долиной, наличие и причины образования висячих долин и т. п.

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ФОРМАМИ РЕЛЬЕФА, СВЯЗАННЫМИ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЛЕДНИКОВ

Выше было отмечено большое значение геоморфологических наблюдений при изучении четвертичных отложений ледникового и флювиогляциального происхождения. В некоторых случаях только тщательный геоморфологический анализ позволяет установить связь с оледенением тех или иных отложений и выяснить их стратиграфические соотношения.

Следует подчеркнуть, что при описании форм рельефа, связанных с деятельностью ледников, так же как и всех иных элементов рельефа, характеристика внешних особенностей должна сопровождаться тщательным изучением слагающих эти формы отложений. Только комплексное применение геологических и геоморфологических методов исследования обеспечивает правильность решения вопросов генезиса и возраста ледниковых форм и отложений.

Кроме изучения аккумулятивных форм рельефа, созданных ледниками и талыми ледниковыми водами, большую роль при геологической съемке в районах древнего и современного оледенения играют наблюдения над формами ледниковой эрозии (экзарации — выпахивания). Последние особенно широко развиты в высокогорных районах, тогда как на равнинах преимущественное значение имеют формы ледниковой аккумуляции.

К формам ледниковой эрозии относятся: ледниковые долины (троги, фиорды), уступы висячих долин притоков (конфлюэнтные ступени), цирки, кары, ригели, сглаженные (отшлифованные) скалы и «бараньи лбы», ледниковые борозды и шрамы.

Главнейшими формами ледниковой аккумуляции являются: моренные равнины, холмистый моренный рельеф, друмлины, краевые моренные гряды.

Особо выделяются формы рельефа, связанные с вытаиванием из неподвижного, потерявшего связь с областью питания, мертвого льда, образующегося в краевой зоне ледникового покрова в период деградации оледенения. К ним относятся камы. Среди образований водно-ледниковой аккумуляции различают формы, связанные с деятельностью флювиогля-

циальных потоков (озы и зандровые равнины), и формы, явившиеся результатом аккумуляции осадков в приледниковых озерах,— озерно-ледниковые равнины.

Формы ледниковой эрозии

а) Ледниковые долины (троги) встречаются как в высокогорных районах, так и среди низких гор и плато северных широт (Кольский полуостров, Средне-Сибирское плоскогорье). Они отличаются от речных долин корытообразным поперечным профилем, крутыми, отшлифованными льдами скалистыми бортами, относительно резким перегибом, переходящим в более пологие верхние части склона. Этот перегиб называется плечом трога. Долины боковых притоков, расчленяющие склоны трога, также имеют корытообразный поперечный профиль и обычно оканчиваются на значительной высоте над дном главной долины. Характерные черты троговых долин являются результатом выпахивающей деятельности ледника, преобразующего ранее существовавшую эрозионную долину. Если последняя была занята ледником лишь в верхней по течению части, то трогообразная форма долины ниже по течению исчезает. Нередко в плоское дно трога врезана узкая V-образная эрозионная долина, возникшая после оледенения.

Существенной особенностью ледниковых долин является наличие перегибов, уступов и переуглубленных участков в продольном профиле коренного ложа. Происхождение этих перегибов продольного профиля, носящих название ригелей, связывают с неравномерным выпахиванием ледником своего ложа на разных участках, что зависит от увеличения мощности льда в районах впадения притоков, усиления эродирующей силы на первичных доледниковых уступах, от смены коренных пород разной твердости и других причин.

При изучении троговых долин необходимо описывать указанные выше черты морфологии, установить высоту плечей трога и следов ледниковой шлифовки и сглаживания, характер ригелей и связь их с геологическим строением.

На дне трогов, в тех местах, где моренный покров смыт и выступают коренные породы, последние также несут следы ледниковой эрозии в виде сглаженных, отшлифованных поверхностей, изборожденных шрамами, царапинами и желобами. Нередко выступы коренных пород приобретают обтекаемую, как бы обточенную льдом форму так называемых «бараньих лбов», с пологой покатостью, обращенной против движения льда (вверх по долине), и крутым выпуклым склоном («лбом») в нижней по течению части.

Выраженность в рельефе и сохранность форм ледниковой эрозии бывают различными в зависимости от состава эродируемых пород и длительности последующих воздействий процессов размыва и выветривания. Поэтому при изучении проявлений ледниковой эрозии часто приходится иметь дело лишь с фрагментами типичных форм и по ним восстанавливать первоначальный облик пород.

Шрамы, борозды и желоба, выточенные на поверхности скальных пород коренного ложа обломками твердых пород, впаянных в нижнюю часть ледника при его поступательном движении, ориентированы в направлении этого движения. Эти признаки ледниковой эрозии, так же как и «бараньи лбы», характерны и для районов равнинного покровного оледенения, где значение их для определения направления движения льда особенно велико.

При геологической съемке все встреченные ледниковые шрамы, борозды и «бараньи лбы» должны быть описаны, направление их замерено ком-

пасом и нанесено на карту. В случае пересечения в одном пункте шрамов двух направлений необходимо путем тщательного наблюдения установить последовательность их образования. Более молодые шрамы, естественно, лучше сохранились, четко выражены и перекрывают более древние.

б) Ледниковые цирки — формы, характерные для горных районов. Они представляют собой расширения верховьев ледниковых долин. Во время горнодолинного оледенения были фирновыми бассейнами, т. е. областями накопления фирна и питания ледникового языка. В плане ледниковые цирки имеют очертания полуамфитеатра с плоским или полого наклоненным днищем, обрамленным крутыми скалистыми склонами. На дне цирка могут находиться скопления моренного материала, небольшие озерки, сглаженные скалистые выступы.

В районах современного горного оледенения циркообразные расширения с крутыми склонами обычно замыкают истоки ледников.

Образование цирков связано с переработкой водосборной воронки истоков доледниковой эрозионной долины совместно действовавшими процессами ледникового выпахивания, морозного выветривания и нивации.

Карами называют сравнительно небольшие (до нескольких сот метров в поперечнике) полые формы рельефа, также циркообразной формы. В отличие от цирков, кары имеют более резкие очертания. Часто они расположены на склонах троговых долин и на склонах цирков, где образуют нишеобразные углубления с крутой задней стенкой и плоским или, чаще, вогнутым дном. В высокогорных районах кары обычно приурочены к определенным гипсометрическим уровням, указывающим положение снеговой границы в различные этапы оледенения. Кары, расположенные на уровне современной снеговой границы, обычно заполнены небольшими ледничками или скоплениями фирна. Древние кары не имеют ледников, но следы их существования в прошлом остались в виде ледниковой шлифовки, сглаженных скал, шрамов, а также скоплений морены, обычно подпруживающей каровое озеро, занимающее выпаханную ледником плоскую впадину на дне кара. Кароподобные ниши на склонах гор образуются и в результате процессов нивации, связанных с деятельностью снежников. В отличие от ледниковых каров, ниши не имеют следов ледникового воздействия, дно их полого наклонено, размеры меньше. Следует отметить, что кароподобные ниши снежников в определенных условиях экспозиции и климата могут образовываться значительно ниже климатической снеговой границы, в районах, никогда не подвергавшихся оледенению. Поэтому при изучении кароподобных форм, кроме определения абсолютной высоты их дна, геоморфологического положения и общего облика, необходимо отмечать все признаки, помогающие установить связь их с прошлым оледенением или с современными процессами нивации. Для этого надо исследовать характер рыхлых отложений на дне ниши, выяснить наличие или отсутствие следов ледниковой шлифовки на склонах, приуроченность к склонам той или иной экспозиции по отношению к странам света и к направлению господствующих ветров, связь с геологическим строением и т. п.

Циркообразные и карообразные формы рельефа иногда наблюдаются на склонах глубоких долин низкогорных районов и даже возвышенных равнин и плато. Образование их здесь никак не связано с явлениями оледенения или нивации. Иногда значительные, типично выраженные цирки имеют оползневое происхождение, а циркообразную или кароподобную форму в определенных геологических условиях могут принять обычные эрозионные водосборные воронки истоков небольших притоков крупных рек. Подобные конвергентные формы рельефа особенно часто встречаются в районах развития вечной мерзлоты и связанных с ней процессов солифлюкции, в частности на Средне-Сибирском плоскогорье.

Формы ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции

а) Моренные (ледниковые) равнины, холмистый моренный рельеф, друмлины развиты преимущественно в областях былого покровного (материкового) оледенения. Сравнительно небольшие по площади моренные равнины встречаются в межгорных депрессиях и предгорьях горных стран (сырты Тянь-Шаня и Восточного Памира). В обоих случаях ледниковые равнины сложены более или менее мощной толщей основной морены, отложившейся при отступании и таянии ледника.

Так как моренный материал в толще льда был распределен неравномерно, таяние и сокращение ледника шло в разных участках с разной интенсивностью, то мощность слоя морены не могла быть всюду одинаковой. С одной стороны, выполняя углубления доледникового рельефа, моренный покров способствовал его выравниванию, с другой — создавал неровности, связанные с первичной неравномерностью аккумуляции. В результате в ледниковых равнинах плоские или полого-волнистые участки чередуются с беспорядочно-холмистыми. Последние чаще встречаются в краевой зоне оледенения, примыкая к грядам конечных морен.

Своеобразной формой рельефа моренных равнин являются друмлины. В отличие от беспорядочно распределенных участков холмисто-моренного рельефа, друмлины представляют собой плоские вытянутые возвышенности эллипсоидальной формы, строго ориентированные в направлении движения ледникового покрова (фиг. 37). Высота друмлинов колеблется в пределах 10—50 м при длине до 2—3 км. Обычно наблюдается групповое развитие друмлинов.

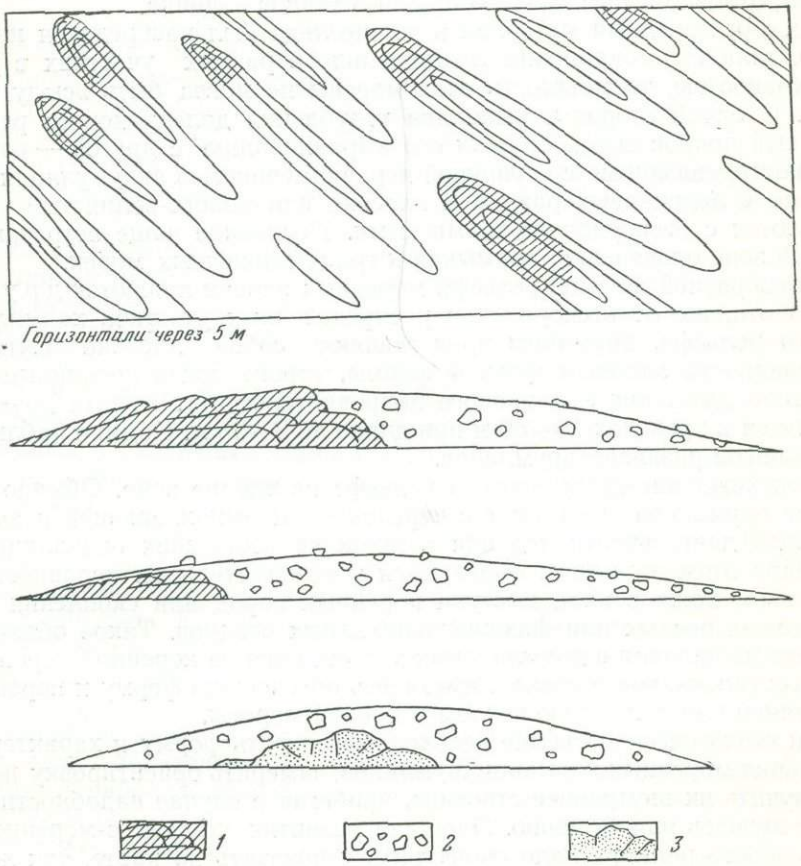
Происхождение друмлинового рельефа не вполне ясно. Обычно образование друмлинов связывают с чередованием выпахивающей и аккумулирующей деятельности ледника в процессе небольших осцилляций его края. При этом друмлины образуются у незначительных неровностей на ледниковом ложе в виде выступа коренных пород или скопления ранее отложенных речных или флювиогляциальных осадков. Такое объяснение вытекает из наличия в друмлиновых холмах ядра из коренной породы или слоистых галечников и песков, имеющего обточенную форму и перекрытого частично или полностью чехлом основной морены.

При геологической съемке необходимо описать форму и характер распределения моренных холмов и друмлинов, замерить ориентировку последних, изучить их внутреннее строение, прибегая в случае надобности к закладке шурфов или бурению. Площади развития холмисто-моренного и друмлинового рельефа надо оконтурить и показать на карте, так же как и отдельные крупные друмлины, выражающиеся в масштабе карты. Огромную помощь при картировании описываемых форм рельефа оказывает дешифрирование аэрофотоснимков. Ориентированность друмлинов позволяет с достаточной точностью определить направление движения льда во время оледенения, что в пределах аккумулятивных ледниковых равнин редко удается установить по другим признакам (ледниковым шрамам и т. п.).

Ледниковые моренные равнины подвергаются размыву. Прежде всего на них воздействуют потоки талых вод отмирающего ледникового покрова. Позднее они становятся ареной действия процессов эрозии и денудации. Поэтому современный облик моренных равнин отличается от первоначального. Чем древнее моренная равнина, тем сильнее она преобразована. Нередко на размытых участках равнины отмечается скопление крупных валунов, образующих валунные поля на водоразделах и валунные пляжи («мостовые») на дне долин.

В районах возвышенных плато, сильно расчлененных в процессе новейшего тектонического поднятия, моренный покров на междуречьях мо-

жет быть полностью уничтожен размывом. О былом оледенении в таких случаях свидетельствуют лишь единичные крупные ледниковые валуны, спроектированные на освобожденную от морены поверхность коренных пород. Восстановление истинной картины древнего оледенения в таких районах требует особенно тщательного анализа рельефа и детального изучения состава и характера валунов для установления их ледникового происхождения.



Фиг. 37. План и разрезы друмлинов:

1 — скала; *2* — морена; *3* — песок слоистый

б) Моренные гряды — один из наиболее важных и интересных элементов ледникового рельефа. Они представляют собой результат мощной аккумуляции переносимого льдом обломочного материала на краю ледникового покрова или языка в период его стационарного положения. Сложены моренные гряды, как правило, несортированными валунными суглинками и песками и по характеру отложений почти не отличаются от основной морены. Выделение их производится главным образом по геоморфологическим признакам.

У современных долинных ледников моренный материал образует грядообразные формы трех типов. Конец ледникового языка обрамляется грядами конечных фронтальных морен. Вдоль боковых краев ледника расположены гряды береговых морен. На поверхности ледника протягиваются ленты боковых и срединных морен, которые образуются из боковых

морен при слиянии двух ледниковых потоков, разделенных выступом (отрогом) коренной породы. На ледниковых щитах типа Гренландского срединные морены отходят от выступающих над поверхностью льда скал — нунатаков.

После стаивания и исчезновения ледника срединные морены вследствие незначительной мощности смешиваются с материалом внутренних (заключенных в толще льда) и донных морен и входят в состав основной морены, не получая выражения в рельефе.

Наоборот, береговые и конечные морены в горных долинах образуют весьма характерные грядообразные формы. Естественно, что в районах былого покровного оледенения не существует разделения краевых морен на конечные и береговые.

Конечные (фронтальные или краевые) морены оконтуривают область распространения ледникового покрова в один из моментов оледенения. Поэтому изучение распространения конечноморенных гряд и нанесение их на карту имеют первостепенное значение для восстановления истории развития оледенения.

В рельефе конечные морены выражены в виде более или менее высоких гряд, часто обладающих заметной асимметрией склонов, в виде валов и грядообразных всхолмлений, вытянутых в форме дуг или гирлянд. Гребень конечноморенных гряд, неровный, изрезанный. Местами гряды конечных морен прерываются, расширяются и переходят в беспорядочно-холмистый рельеф или в моренную равнину.

Относительная высота конечноморенных гряд сильно колеблется, достигая иногда 50 и даже 100 м.

Кроме обычных конечных морен, отвечающих стабильному положению края ледника, различают напорные конечные морены, которые образуются при надвигании ледника на какое-либо препятствие, чаще всего на выступ коренного доледникового рельефа. Для внутреннего строения напорных морен характерно наличие выжатых и нагроможденных ледником различных отложений, как четвертичных, так и подстилающих их коренных, нередко смятых в небольшие опрокинутые складки (гляциодислокации). По рельефу морены напора часто неотличимы от конечных морен вытаивания.

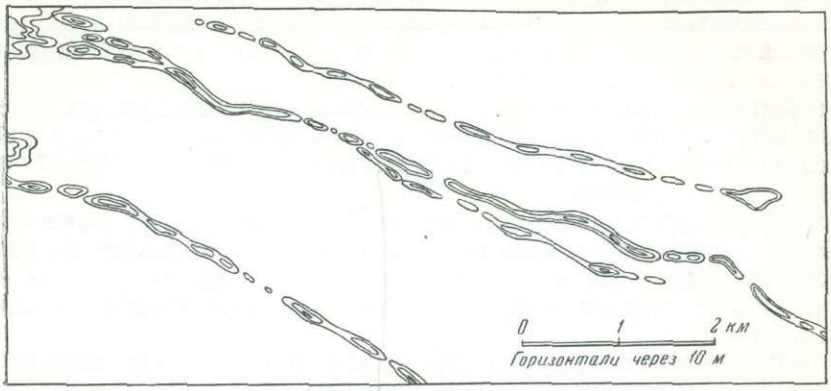
Бóльшая часть конечных морен представляет сочетание обоих типов. В составе их участвуют как валунные несортированные отложения, так и включения (линзы) слоистого гравия и песка (нередко перемятые), а также более или менее крупные отторженцы подстилающих коренных или более древних четвертичных пород. Весьма характерны для областей конечных морен обильные скопления валунов и наличие многочисленных озер с причудливыми очертаниями берегов.

При геоморфологическом изучении гряд конечных морен очень важно установить степень изменения их первоначальной формы последующими эрозионными и денудационными процессами. Свежесть типичного для конечных морен рельефа служит указанием на их относительную молодость и, следовательно, на принадлежность к одному из позднейших этапов оледенения. Наоборот, краевые образования древнейших ледниковых покровов обычно выражены в рельефе очень слабо, иногда совсем не сохраняются.

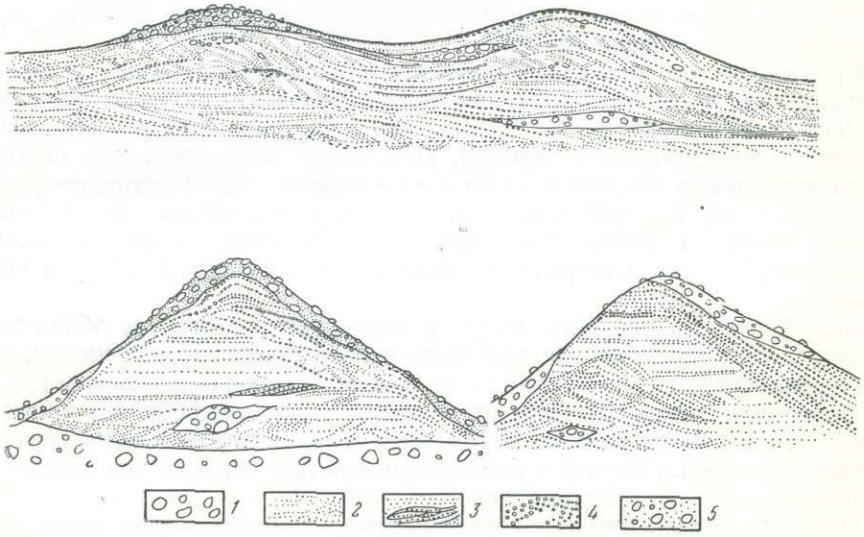
в) Тесно примыкают к конечным моренам о з ы и к а м ы. Связь последних с мертвым, неподвижным льдом была отмечена выше. Взаимное переплетение конечных морен, обусловленное непосредственной деятельностью ледника, и форм аккумуляции талых ледниковых вод находит себе естественное объяснение в приуроченности тех и других к краевой зоне оледенения.

Озы разделяются на радиальные и маргинальные (краевые).

Радиальные озы представляют собой широко распространенные в районах бывшего материкового оледенения длинные узкие гряды, сложенные слоистыми песками, гравием и галечниками флювиогляциального происхождения (фиг. 38).



Фиг. 38. Радиальные озы в плане



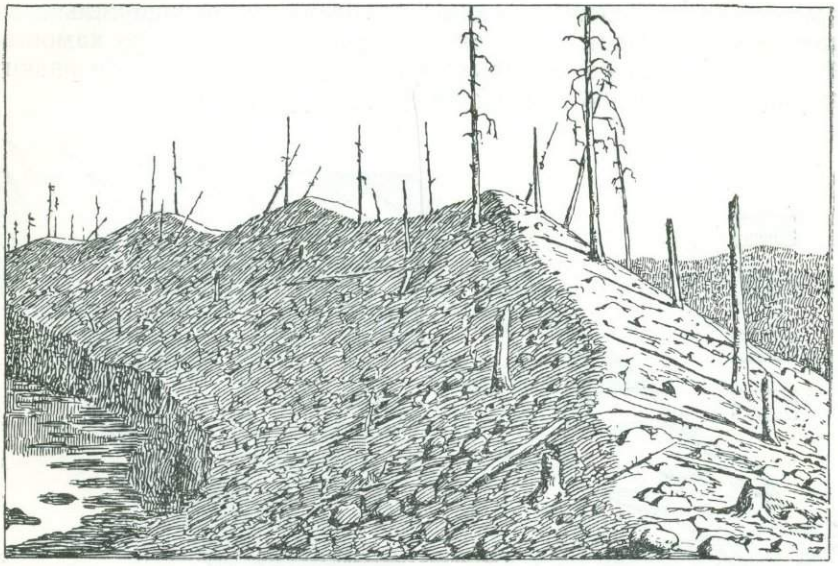
Фиг. 39. Продольный и поперечный разрез оза:

1 — морена (валунный суглинок); *2* — слоистый песок; *3* — гравий; *4* — галечник; *5* — валунный песок

Кроме сортированного материала, в разрезах озов наблюдаются нередко несортированные валунные суглинки, залегающие обычно в основании флювиогляциальных отложений или покрывая оз с поверхности в виде тонкого разорванного чехла, от которого нередко остаются лишь одни валуны (фиг. 39).

Еще более характерна, чем внутреннее строение, морфология озов. Типичный оз имеет форму железнодорожной насыпи или узкого вала с острым гребнем (шириной 2—5 м) и крутыми склонами (30—40°; фиг. 40). Высота озов над прилегающей местностью колеблется в значительных пре-

делах — от 10—15 до 60—70 см. Озы протягиваются обычно на несколько километров (иногда до 10 и даже 20 км и более), или в виде почти непрерывного вала, или разрываясь на отдельные отрезки. От указанной *типичной валообразной формы оза наблюдаются многочисленные отклонения.* Часто озы расширяются как в основании, так и с поверхности. Узкий гребень превращается в вытянутую платообразную поверхность. От основного озового вала нередко отходят ветви, идущие под острым углом к главному или параллельному. Получается серия параллельных гряд, разделенных понижениями, часто замкнутыми. При этом общая



Фиг. 40. Общий вид оза

вытянутость валов и понижений в направлении бывшего движения льда выдерживается, несмотря на местные изгибы озовой цепи.

Продольный профиль озовых гряд также большей частью волнистый. Гребень оза то повышается, то понижается. Повышенные места нередко образованы скоплением крупных валунов. Приведенные особенности морфологии озов показаны на фиг. 40.

Помимо озов, вытянутых в направлении движения ледника, значительное развитие имеют так называемые маргинальные, поперечные или краевые озы, вытянутые перпендикулярно к направлению движения ледника и, следовательно, параллельно его бывшему краю. В рельефе маргинальных озов замечается асимметрия склонов, а также изменение в составе отложений от проксимального края к дистальному. Довольно характерной чертой рельефа маргинальных озовых гряд является наличие на платообразной поверхности валов или замкнутых воронкообразных котловин, происхождение которых связывается с вытаиванием глыб льда, отчлененных от ледника и погребенных под толщей флювиогляциальных наносов.

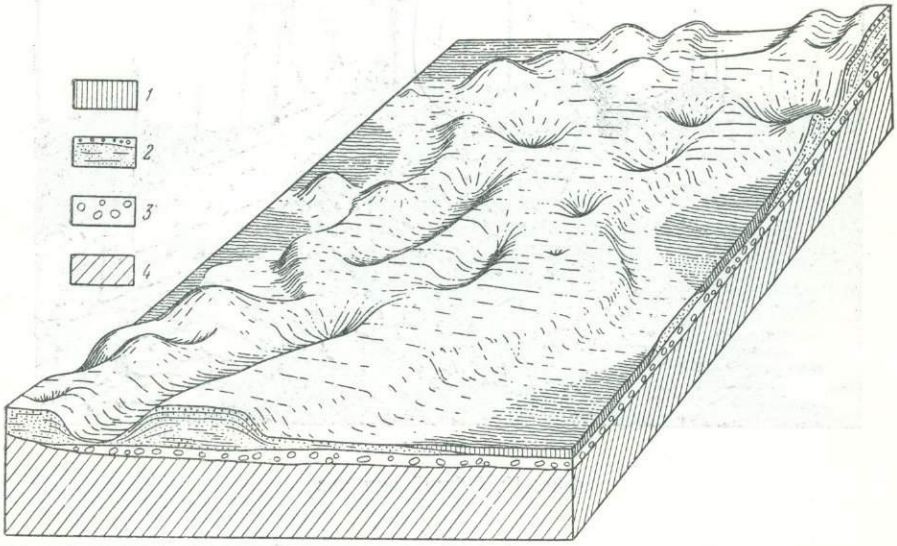
Маргинальные озы, как и конечные морены, отмечают положение края ледника во время их образования.

О происхождении радиальных озов было сказано выше, при описании генетических типов отложений.

Поперечные или маргинальные озы образовались, по Де Гееру, во время стационарного положения ледникового края, путем слияния все

более накапливающихся у края ледника дельтовых выносов подледниковых потоков.

Камы представляют собой неправильные, беспорядочно расположенные холмы и увалы, сложенные хорошо отсортированным песчаным или супесчаным материалом, нередко со следами отчетливой слоистости, даже ленточности. Сливаясь между собою, камовые всхолмления образуют более или менее значительные гряды, ограниченные очень крутыми склонами и часто имеющие плоские вершины. Отдельные группы камовых всхолмлений иногда разделяются значительными по площади котловинами с плоскими днищами и крутыми склонами. На поверхности холмов часто можно видеть многочисленные углубления и воронки сильно варьирующих размеров. Постоянно встречающейся особенностью камовых областей является наличие мертвых долин, отличающихся, при значительной ширине, совершенно ничтожной длиной (фиг. 41).



Фиг. 41. Камы (блокдиаграмма):
1 — торф; *2* — камовая морена и озерные пески; *3* — основная морена; *4* — коренные породы

На поверхности камы иногда имеют маломощный чехол из морены. Небольшие линзы такого же моренного материала или отдельные валуны спорадически встречаются во всей толще камовых отложений (фиг. 42).

В тех случаях, когда камовые образования вытягиваются в виде длинных полос, очерчивающих положение ледникового края, их называют камовыми конечными моренами.

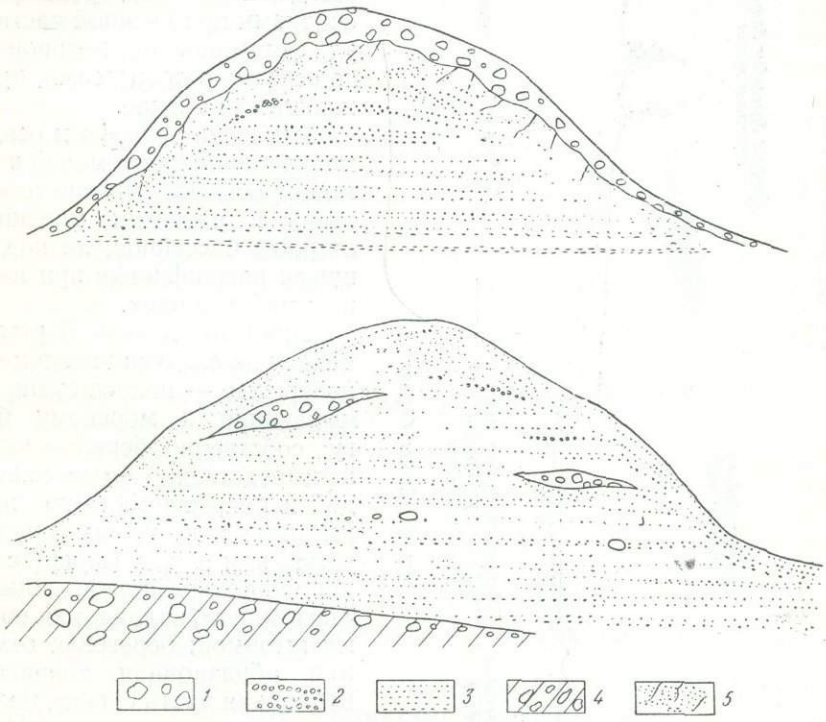
Выделяют также камовые террасы, которые образуются в результате выполнения песчано-галечным материалом проталин, возникающих между ледником и склонами возвышенностей, сложенных коренными породами. Иногда камовые террасы, опоясывающие склоны таких возвышенностей, могут быть ошибочно приняты за морские, озерные или речные.

Камы, как было указано выше, рассматриваются как отложения ледникового материала в протаявших озерах, еще ограниченных ледяными берегами, образованными мертвым льдом. Таким образом, камовый рельеф является обращенным по отношению к древнему рельефу тающего мертвого льда. По другим представлениям, камовые отложения накапливаются в подледниковых или внутриледниковых полостях.

Картирование камовых областей представляет существенный интерес при выделении площадей прежнего развития мертвых льдов, а в случае наличия камовых морен позволяет реконструировать очертания ледниковой кромки.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА БЕРЕГАХ МОРЕЙ И ОЗЕР

Побережья морей и озер представляют огромный интерес для изучения четвертичных морских и озерных трансгрессий, играющих важную роль в истории геологического развития земной поверхности в течение четвертичного периода, и для выяснения характера неотектонических движений,



Фиг. 42. Разрезы камов:

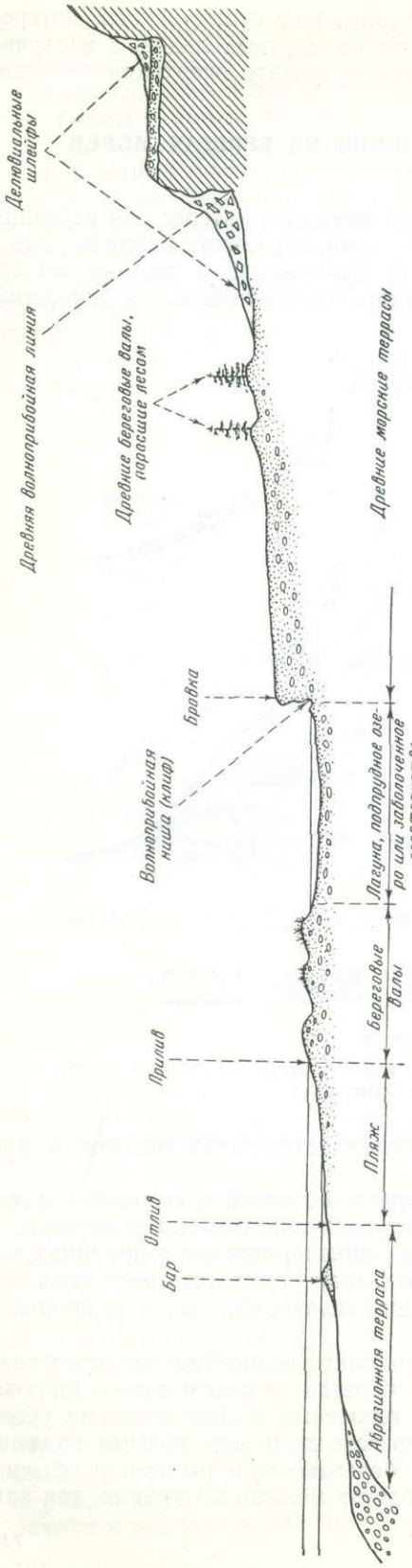
1 — моренный чехол; *2* — галечник; *3* — озерные слоистые пески; *4* — основная морена; *5* — косослоистые и смятые пески

а также, в ряде случаев, для решения практических задач (например, при изучении береговых россыпей).

Изучение древних и современных береговых линий в комплексе с детальным анализом стратиграфии четвертичных и современных морских и озерных отложений позволяет подойти к решению вопроса о причинах колебаний уровня данного бассейна и тем самым определить роль тектонических движений суши или эвстатических колебаний моря в процессе формирования береговых линий.

Для решения этих вопросов наибольший интерес, несомненно, представляет геоморфологическое исследование берегов морей и озер с широко развитыми древними аккумулятивными террасами и абразионными уровнями, с приливо-отливной полосой и береговыми и штормовыми валами.

Абразионные берега со скалистыми береговыми обрывами и обычно узкой полосой пляжа в этом отношении дают меньше материала, так как



Фиг. 43. Схема берега

в таких местах исследования сводятся к наблюдению над современными процессами волноприбойной деятельности. Изучение морских побережий не должно ограничиваться сбором материалов о характере четвертичных отложений берегов и полосы суши, примыкающей к морскому берегу, но обязательно должно сопровождаться наблюдениями над рельефом и осадками прибрежной части моря, формирование которой тесно связано с процессами, протекающими на суше.

Изучение рельефа и осадков мелководной части морей и озер может осветить многие важные этапы в развитии морских и озерных бассейнов, не поддающиеся расшифровке при наземных наблюдениях.

Принято делить береговую полосу на следующие элементы: побережье — полоса суши, примыкающая к морскому берегу; собственно берег — полоса, непосредственно омываемая водой и покрываемая во время штормов и прилива; береговой уступ, или обрыв (клиф) с волноприбойной нишей; пляж — часть берега, заливаемая во время штормов; береговая отмель, или абразионная терраса, — подводная часть берега, подводная терраса накопления. На берегах с древними волноприбойными линиями наблюдаются древние абразионные террасы с древними береговыми валами, береговыми уступами и волноприбойными нишами (фиг. 43), которые могут располагаться как выше современного уровня воды, так и ниже его.

Исследование пляжа и подводной абразионной террасы

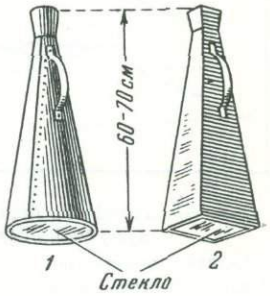
Исследование пляжа следует начать с определения его размеров, крутизны и с описания

рельефа. Затем собираются подробные материалы, характеризующие вещественный состав отложений: механический и минералогический состав осадков, степень их окатанности, литологические особенности, фациальная изменчивость и т. п. Для характеристики тяжелых минералов и выяснения содержания полезных минералов в отложениях пляжа необходимо брать шлихи, особенно в тех местах, где естественной волновой сортировкой намечаются участки со скоплением темноцветных минералов.

Данные о вещественном составе отложений пляжа должны помочь решить вопрос о происхождении осадков — из местных пород побережья или из материала, приносимого реками и течениями.

Вследствие подвижности отложений пляжа выбрасываемые морем раковины быстро истираются и размалываются. В тех случаях, когда фауна все же сохраняется, необходимо производить ее сборы для последующего сопоставления с фауной, находимой в разрезах в погребенном состоянии.

Наиболее благоприятна для сборов фауны подводная часть пляжа, которая осушается во время отливов. Как правило, эта часть пляжа в кутовой части бухт и заливов сложена глинистыми песками, на которых селятся зеленые водоросли и многочисленные отряды животных: черви, гастроподы, пелециподы, ракообразные и многочисленные моллюски. Описание рельефа и характера отложений пляжа следует иллюстрировать схематическим или полуинструментальным поперечным его профилем, на котором надо показать особенности рельефа пляжа, уклоны отдельных его элементов, их размеры, литологические особенности и характер растительности.



Фиг. 44. Трубы для просматривания дна со шлюпки сквозь воду:

1 — изготовленная из окрашенной жести; *2* — деревянная. По В. П. Зенковичу

С изучением пляжа тесно связано исследование подводной абразионной террасы.

В условиях большой прозрачности дно прибрежной части моря хорошо просматривается до глубины нескольких метров. Если пользоваться трубой для просматривания сквозь воду со шлюпки (фиг. 44), то дно просматривается на большей глубине.

Большую помощь при изучении и картировании прибрежной части дна морей и озер могут оказать контактные аэрофотоснимки или непосредственные наблюдения с самолета, с высоты 300—500 м. При этом ясно выступают элементы подводного рельефа.

Для составления карты донных осадков необходимо использовать также существующие батиметрические (особенно карты последних изданий, составленные на материалах эхолотирования) и навигационные карты с точечными промерами и указанием характера донных осадков.

На основании всех этих данных создается довольно ясная картина рельефа и распределения донных осадков на абразионной террасе, могут быть выявлены затопленные береговые линии и погруженные речные долины и т. п.

Исследование береговых валов

Исследование береговых валов позволяет выявить неотектонические движения в данном участке побережья и определить их направленность.

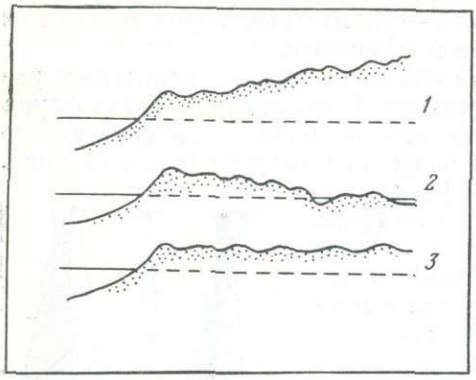
На берегах с крутым и узким пляжем и скалистыми береговыми обрывами обыкновенно располагаются один-два береговых вала, сложенных грубозернистыми песками, галечниками и валунами.

На низменных берегах с широким пляжем и с развитием песчано-галечниковых отложений количество береговых валов значительно больше

(на западном побережье Камчатки, например, наблюдается до 50 песчаных береговых валов высотой 3—7 м и длиной в несколько километров).

Начать изучение береговых валов следует с определения их размеров, характера склонов, формы в продольном профиле и в плане.

Если в данном участке побережья наблюдается несколько береговых валов, то большой интерес представляет нивелировка их с составлением поперечного профиля. Поскольку колебания в высоте береговых валов сравнительно невелики, нивелировку следует вести инструментальную или полуинструментальную.



Фиг. 45. Профиль береговых валов аккумулятивных форм:

1 — при относительно понижающемся уровне моря; *2* — при повышающемся; *3* — при стабильном

Если группа береговых валов, находящихся близ современного берега моря, расположена выше валов, удаленных от него, можно предположить недавнее опускание побережья или трансгрессию моря (фиг. 45, *2*). В том случае, если наблюдается обратная картина, т. е. когда высота береговых валов увеличивается в направлении коренного берега, есть основание говорить о поднятии данного участка побережья или о регрессии моря (фиг. 45, *1*).

Очевидно, что постоянство высот береговых валов свидетельствует о стабильном положении суши и уровня моря (фиг. 45, 3). При изучении береговых валов необходимо отмечать характер покрывающей их растительности. Зарастание береговых валов древесной растительностью или кустарниками знаменует конечную стадию развития берегового вала. Если береговой вал не имеет растительности, то важно выяснить, не было ли развевания песков и образования эоловых форм рельефа. В результате дефляции может значительно понизиться первоначальная высота береговых валов и на отдельных участках изменится их форма. При изучении береговых валов следует обратить внимание на механический и минералогический состав слагающих их осадков, степень сортировки и окатанности материала. Эти данные позволяют решить вопрос — за счет разрушения каких пород возникли береговые валы.

Если в направлении лагуны или подпрудного озера наблюдается уменьшение высоты береговых валов, то следует провести поиски затопленных береговых валов на дне лагуны или озера.

Наконец, на древних береговых валах необходимо искать следы культуры древнего человека в виде кремнистых отщепов, керамики, каменных орудий, кухонных остатков и др. (см. археологический метод, стр. 54).

Исследование древних береговых линий

Изучение террас начинается с определения их формы, размеров и высоты волноприбойной линии.

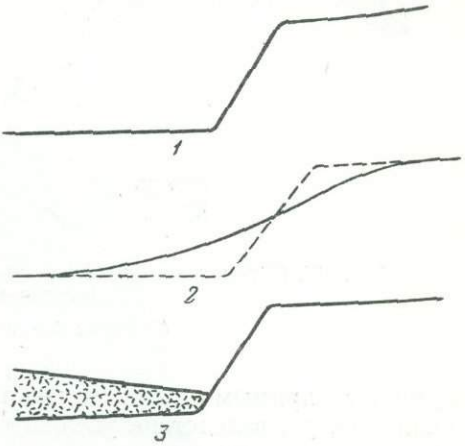
Волноприбойной линией называется линия пересечения слабо наклоненной пляжевой поверхности (или поверхности древней террасы) с береговым обрывом (клиффом). Эта линия является верхней границей абразионной деятельности морских волн.

Рельеф террасы удобнее всего изучать путем нескольких пересечений ее перпендикулярно берегу моря. В таком же направлении следует по-

строить несколько нивелировочных профилей, так как точность определения высоты волноприбойной линии должна быть 0,5—1 м. Вместо тяжелых и громоздких реек рекомендуется пользоваться клеенчатыми мерными лентами, накалываемыми кнопками или гвоздями на ровную доску или жердь достаточной длины (около 4 м).

Нивелировки привязываются к имеющимся в данном районе реперам (нивелировочным маркам), а при их отсутствии — к уровню озер или, на морском побережье, к наивысшей прибойной линии во время прилива.

Для изучения рельефа террасы и определения деформации древних береговых линий нивелирные ходы следует располагать с максимально возможной частотой — для получения возможно большего числа замеров.



Фиг. 46. Волноприбойная линия террасы *(1)*; маскировка ее под влиянием делювиальных процессов *(2)* и нарастания торфа *(3)*

Путем нивелировки определяется высота бровки террасы и ее тылового шва, соответствующего высоте волноприбойной линии (фиг. 46). Исследователю надо помнить, что высота бровки — величина непостоянная, так как в результате размыва различных участков террасы из-за уклона ее поверхности высота уступа и, следовательно, бровки террасы могут сильно меняться. Высота тылового шва террасы — величина значительно более постоянная. При этом, однако, следует учитывать возможные искажения действительной высоты в результате наползания делювиальных шлейфов или нарастания торфа, маскирующих тыловой шов террасы (фиг. 46). Во избежание таких ошибок и определения истинной высоты волноприбойной линии, шурфами или буром проходят толщу делювия или определяют мощность наросшего торфа.

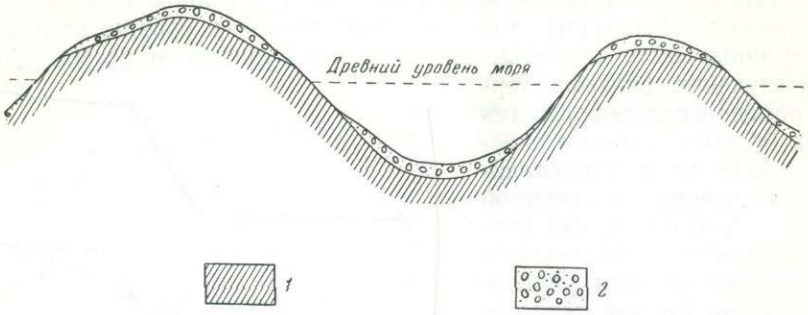
В местах развития моренных отложений древние береговые линии часто бывают представлены нагромождениями отпрепарированных валунов, окаймляющих древние абразионные уступы, врезанные в толщу морены.

В районах развития скальных выходов, перекрытых маломощной мореной, волноприбойные линии отмечаются освобожденными от моренного покрова скалами, выше и ниже которых расположены участки, сохранившие моренный покров (фиг. 47).

На основании определения высотных отметок древних волноприбойных линий ведется построение эпейрогенического спектра (проекция древних, деформированных неравномерным эпейрогеническим поднятием береговых линий на вертикальную плоскость, ориентированную по линии поднятия) или карты изобаз (линий, соединяющих точки одинакового поднятия местности). Линия, перпендикулярная к изобазам, располагающимся в восходящем порядке, называется линией поднятия. Для построения эпейрогенического спектра проводят по линии поднятия с большим количеством волноприбойных знаков вертикальную плоскость до пересечения ее с уровнем современного моря (фиг. 48).

По периферии поднятия и ближе к его центру нивелируют полные серии береговых линий и устанавливают их геологическую датировку на основании палеонтологических данных.

Замеры береговых линий проектируют в горизонтальном направлении на вертикальную плоскость, принимая основание ее за абсциссу, а высоту — за ординату. На абсциссе откладывают пункты замеров береговых знаков, а на ординате — высоты их. Синхроничные береговые знаки затем

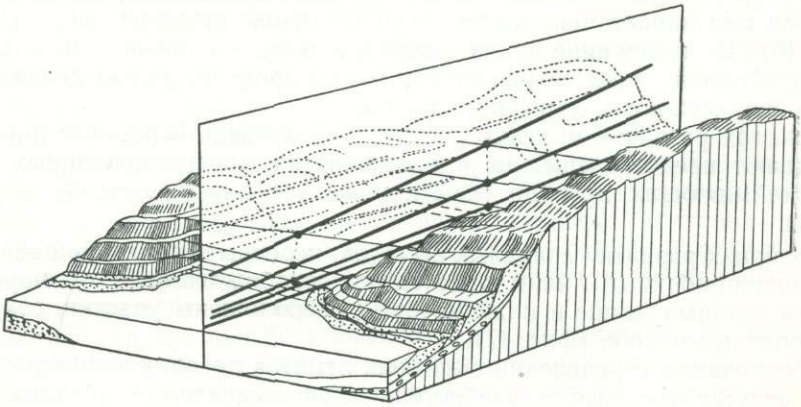


Фиг. 47. Определение древнего уровня моря на скалах, покрытых четвертичным наносом

1 — скала; *2* — четвертичный нанос

соединяют прямыми линиями — линиями эпейрогенического спектра. Линии спектра, вследствие увеличения поднятия от периферии к центру, расходятся в том же направлении.

Одновременно с изучением рельефа террас и наблюдением над волноприбойными линиями ведется описание геологического строения террас в обнажениях по берегу моря и в долинах рек и ручьев, расчленяющих морскую террасу. При изучении строения террас необходимо делать расчистки и бурить скважины.



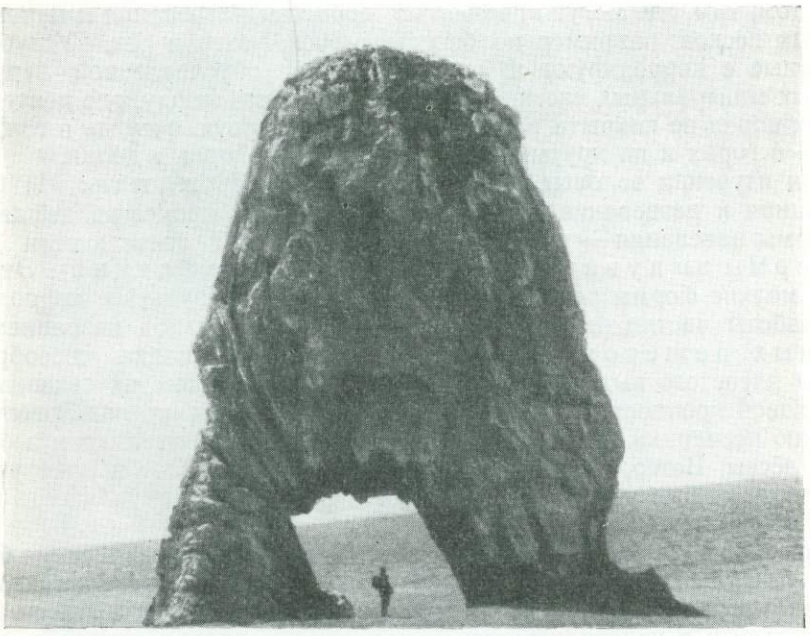
Фиг. 48. Построение эпейрогенического спектра

Очень важно установить происхождение прибрежной террасы. Нередко наблюдаемые на берегу моря террасы вовсе не обязаны своим происхождением деятельности моря, а являются речными террасами, размываемыми морем. Такие террасы расположены, как правило, вблизи устья рек и продолжаются по долинам последних.

Чтобы доказать морское происхождение террасы, необходимо подробно изучить топографию местности и, что особенно важно, получить исчерпывающие данные о генезисе отложений, образующих террасу.

Решающее значение имеют поиски фауны. Присутствие в отложениях террасы морской фауны и морских форм диатомовой флоры является доказательством морского происхождения террасы.

При этом необходимо доказать автохтонное происхождение фауны, так как нередко наблюдаются раковины моллюсков, заброшенные на поверхность террасы штормовыми волнами. В других случаях, например по берегам Амурского залива в районе Владивостока, наблюдаются скопления раковин моллюсков, образующие довольно выдержанные горизонты и приуроченные к определенным террасам, происхождение которых обусловлено деятельностью доисторического человека. Доказательством это-



Фиг. 49. Абразионный останец — «кекур» — на берегу моря

го служит совместное нахождение раковин с керамикой, кремнистыми отщепами, каменными орудиями, костями рыб и т. п. Нахождение таких скоплений раковин никоим образом не свидетельствует о морском происхождении террасы.

То же самое относится к пла́внику, часто находимому на поверхности морских террас, который не следует отождествлять с ископаемыми автохтонными остатками флоры.

Чрезвычайно специфичны условия изучения морских террас на побережье ледовитых морей, где работу усложняют ископаемые льды, способствующие развитию оползневых явлений и маскирующие истинный геологический разрез.

Дополнительные данные о характере тектонического развития какого-либо участка побережья может доставить изучение абразионных останцов — кекуров (фиг. 49), которые иногда наблюдаются выше уровня штормовых и приливных волн, вне современной волноприбойной деятельности, и поэтому являются свидетелями недавнего отрицательного движения береговой линии. Наоборот, абразионные останцы, стоящие посреди моря, служат показателем интенсивной абразионной деятельности, вызванной трансгрессией моря.

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ЭОЛОВЫМИ ФОРМАМИ РЕЛЬЕФА

Ветер как рельефообразующий фактор играет двойную роль: он разрушает неровности рельефа, придавая им новые формы, выдувает углубления, а кроме того, переносит и переотлагает продукты выветривания и формирует положительные эоловые формы поверхности.

Эоловые формы рельефа, обязанные своим происхождением деятельности ветра, наиболее характерны для областей с аридным климатом, прежде всего для засушливых районов Закавказья, Средней и Центральной Азии и других районов зоны пустынь. Но эти формы рельефа встречаются также и в виде азональных образований, в областях с гумидным климатом, там, где могут проявляться процессы развевания и накопления эоловых песков, например по берегам морей, озер и рек. Углубления, связанные с корродирующей работой ветра, обусловленной переносом твердых минеральных частиц, наблюдаются почти всюду, где поверхность горных пород не покрыта растительностью, в первую очередь в гольцовой зоне — в горах и на крутых скалистых склонах горных долин.

При изучении эоловых форм рельефа следует различать: 1) формы выдувания и развевания — результат проявления процессов дефляции и 2) формы навевания — результат аккумулятивной деятельности ветра.

Формы выдувания и развевания (дефляции). Эти наиболее мелкие формы рельефа, образовавшиеся в результате корродирующей работы частиц, переносимых ветром, известны под названием каменных решеток и кружев; они представляют своеобразные формы ячеистого выдувания (фиг. 50). Возникновение их связано с неодинаковой прочностью пород, со слоистостью. Особенно подвержены выдуванию песчаники со слабым цементом, а также известняки и в особенности лёссы. Ветер, захватывая песчинки, высверливает и шлифует ими более податливые участки породы, что и вызывает причудливость рисунка эолового выдувания.

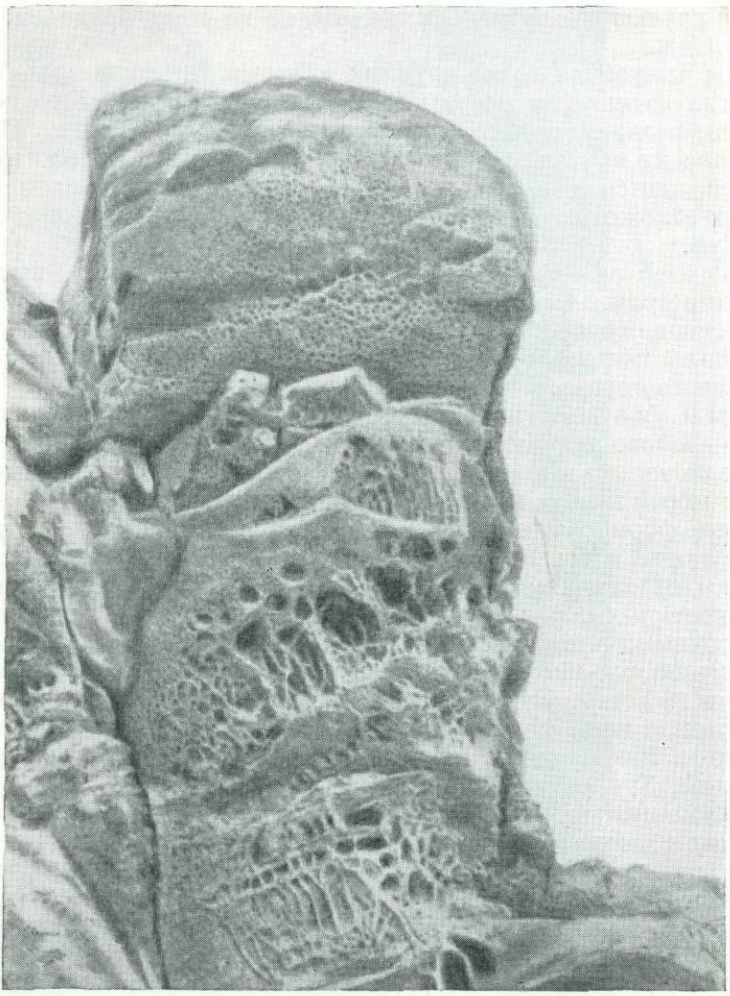
Своеобразную форму эолового микрорельефа представляет рябь пустыни. Она возникает на поверхности скал, сложенных песчаниками, известняками. Этот вид выдувания типичен не только для пустынь, но может встречаться и в условиях влажного климата, например в местах усиленной циркуляции воздуха — в каньонах, ущельях, на крутых склонах гор, обращенных к равнинам (подобного рода рябь описана для Кавказа, каньонов Днестра, сложенных силурийскими известняками, и др.).

Очень характерны образуемые ветром ниши выдувания в виде глубоко уходящих в скалы, обычно округлых или неправильно овальных сферических углублений. Вход в отверстие часто бывает более узок, чем расширенная и углубленная часть ниши. Обычно ниши, разделенные только узкими перемычками, расположены группами.

Следует отметить, что каменные обломки в пустынях, подвергаясь эоловой обработке, приобретают своеобразные очертания пирамидок, известных под названием граненых или пирамидальных валунов. Мелкие обломки твердых пород, шлифуемые и полируемые песком, истираются со всех сторон, но в разной степени, в зависимости от частоты и силы ветра. Так получаются своеобразные двух-трехгранники или многогранники, так называемые ветрогранники (трикантеры). Крупные и мелкие зерна песка шлифуются ветром хуже, чем водой. Но мелкие песчинки и пылеватые частицы кварца и других минералов, размером 0,1—0,01 мм, водой уже не окатываются, и повышенная их округленность и отшлифованность может указывать на эоловую обработку. В условиях резко континентального климата встречается физическое выветривание зерен кварца и других минералов, выражающееся в распадении их по трещинкам на остроугольные осколки. Такой гранулярной дезинтеграции (по

И. И. Трофимову) подвергаются как зерна песка, так и частички пыли. С эоловым процессом связано обогащение песчаных отложений пылью, что необходимо учитывать при изучении характера окатанности эоловых песков.

На поверхности глинистых пород шлифующая деятельность песчинок приводит к образованию борозд, желобков и других углублений,



Фиг. 50. Ячеистое выдувание песчаников

вытянутых в направлении преобладающих ветров. Это так называемые ярданги, внешне напоминающие карровую поверхность известняков. Размеры борозд незначительные и глубина их не превышает 1 м.

На территории СССР большим распространением пользуются котловины выдувания, называемые на нашем севере ярдеями. Размеры их колеблются от 2—5 м до сотен метров в поперечнике; глубина редко превосходит 2—3 м. Они представляют собой плоские блюдцеобразные выемки, в которых кое-где расположены останцы развевания в виде высоких кочек или холмиков.

На поверхности песчаных пород ветер иногда выдувает фульджи — большие углубления овальных очертаний, похожие на след гигантского

конского копыта. Наиболее углубленная часть полулунных фульдж расположена вдоль вогнутой стороны, передней по направлению ветра. Вогнутый край оказывается наиболее крутым, а противоположный — пологим. Фульджи расположены длинными рядами и имеют правильные очертания там, где пески обнажаются на большой площади и достигают значительной мощности. При небольшой мощности песчаного покрова чаще встречаются котловины выдувания — понижения, ограниченные склонами различной крутизны и высоты, но не столь правильной формы, как у фульдж.

Формы выдувания более крупных размеров, имеющие характер ложбин, иногда извилистых очертаний, нередко протяжением до нескольких километров и даже десятков километров, называются в а д и. Подветренная сторона их крутая, а противоположная пологая. У пологих склонов вади наблюдаются скопления эоловых песков. Образуются вади в песчано-глинистых отложениях; очень часты они в бессточных впадинах пустыни Кызыл-Кум.

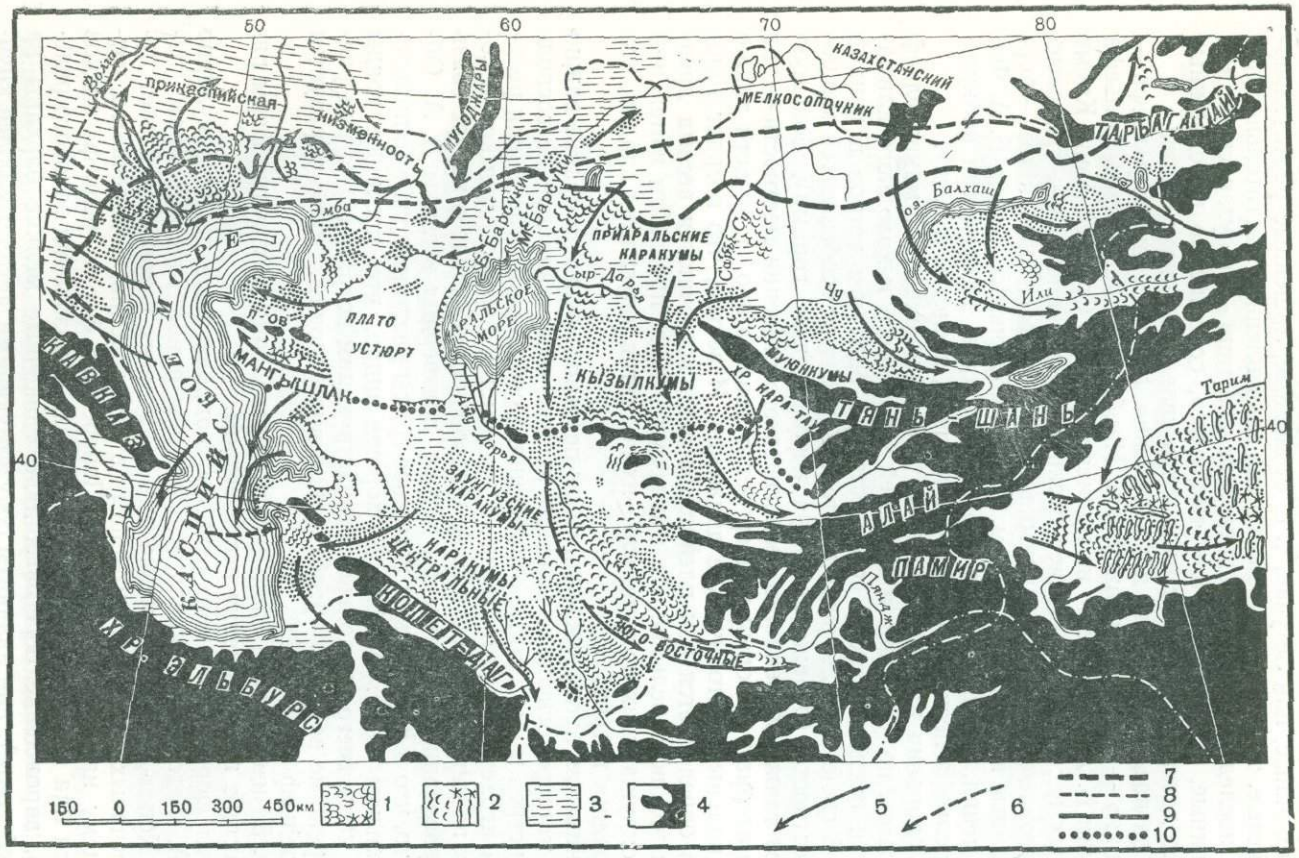
Своеобразен рельеф скал, подвергшихся обтачиванию, шлифовке и полировке ветром. При этом возникают столбы, колонны выдувания, нередко имеющие грибообразную форму, напоминающую башни и т. п. Руинный рельеф пустынь описан В. А. Обручевым в Джунгарии под названием эолового города.

Ф о р м ы н а в е в а н и я. Другая очень распространенная форма рельефа — эолово-аккумулятивная. Эти формы рельефа широко распространены не только в аридных, но и в гумидных зонах, например на побережьях морей и озер, на поверхности речных террас.

Эоловые формы рельефа обычны для песчаных пустынь, но распространены также и среди всех других видов пустынь. Песчаные пустыни образованы отложениями, возникшими в результате физического выветривания коренных пород или путем приноса материала из прилегающих районов водными потоками. Эти пески подвергаются перевеванию ветром, они перемещаются иногда на расстояние в несколько десятков и сотен километров, и ветер придает им, в зависимости от характера воздушных течений, те или иные формы. Эоловые формы песчаного рельефа составляют мезо- и микрорельеф, обычно накладывающийся на более древний макрорельеф.

Глинистые пустыни также типичны для областей с аридным климатом. Они широко известны в Средней Азии, например в пустыне Бет-Пак-Дала, в Голодной степи и др. Этот вид пустынь образуется там, где имеется покров мелкоземистых отложений, чаще всего лёссов, лёссовидных суглинков и т. п. Глинистые пустыни занимают периферическую часть песчаных пустынь, прижимаясь к подножию гор. Среди глинистых пустынь встречаются солончаковые их разновидности, обычно лишенные растительности, часто представленные пухлыми солончаками, богатыми углекислыми и сернокислыми солями. Другую разновидность представляют такыры, также лишенные растительности. Поверхность их состоит из глинистых осадков, отложенных во время дождей на дне плоских впадин. Высохшая поверхность такыров бывает покрыта трещинами усыхания, расчленена на полигональные отдельности.

Наиболее многообразны формы мезо- и микрорельефа эоловых песков в пустынях Средней Азии (фиг. 51). Здесь особенно хорошо удается проследить процессы формирования разных типов накоплений эоловых песков. Первоначальной формой скопления песков считают (по И. П. Герасимову) мелкие их пятна — кучи песка («урпак» по-туркменски), например кустовые бугры, возникающие среди глинистых и суглинистых аллювиальных равнин. Из них формируется кучевой песчаный ландшафт. И. П. Герасимов и К. К. Марков (1939) принимают следующий ряд возрастных



Фиг. 51. Пески средней Азии. По Б. А. Федоровичу.

1 — пески полузакрепленные — грядовые, лунковые, дюнные, ячеистые, пирамидальные; *2* — пески оголенные — барханы, барханные куэсты и пирамиды; *3* — низменности; *4* — горы и нагорья; *5* — направление равнодействующей силы ветров, формирующих рельеф песков; *6* — направление ветров, сезонно воздействующих на рельеф песков; *7* — ось антициклона — линия главного раздела направлений рельефа песков; *8* — граница степей и полупустынь (пустынных степей); *9* — граница полупустынь и северных пустынь; *10* — граница северных и южных пустынь

групп песчаных форм: 1) мелкие пятна (кучи) песка и дюнные накопления, 2) пески дюнные перерождаются в барханные, 3) барханные пески переходят после закрепления в бугристые и 4) бугристые пески под воздействием ветра переходят в грядово-холмистые неровности.

В. А. Обручев разделял пески на две группы, в зависимости от их состояния: барханные, или летучие, т. е. оголенные, лишенные растительности, и бугристые, т. е. в различной степени закрепленные растительностью. Позднее он последнюю группу разделил на два типа — полузаросшие, или слабоподвижные, и заросшие, или «мертвые», совершенно неподвижные пески. Такое деление сохраняет полностью свое значение и сейчас.

Однако за последнее время дело изучения форм песчаного рельефа — «песковедения» — далеко продвинулось. Наиболее полно формы рельефа песков изучил Б. А. Федорович на примере пустынь Средней Азии. Кроме закрепленных песков, он выделяет пески полузакрепленные — грядовые, лунковые, дюнные, ячеистые, пирамидальные, и пески оголенные — барханы, барханные куэсты и пирамиды. Термин «бугристые пески» Б. А. Федорович заменил, вследствие его неопределенности, названиями конкретных форм рельефа песков (грядовые, лунковые, ячеистые и т. д.).

Б. А. Федорович наглядно показал, что специфический макрорельеф песков пустынь, полупустынь и областей умеренного и холодного климата находится прежде всего в соответствии с режимом ветров в данной местности. В свою очередь, режим ветров зависит от особенностей макрорельефа местности (отражение ветра неровностями, горами). Большую роль играют также особенности геологического строения местности — тот исходный материал, который подвергается развеванию, а отчасти также дифференциальные тектонические движения. Известно, что возраст эоловых песков определяется как плейстоценовый; встречаются весьма древние формы эолового рельефа. За это время успели произойти изменения в рельефе окружающих пустыни гор—их поднятия, опускания впадин, что изменяло режим ветров.

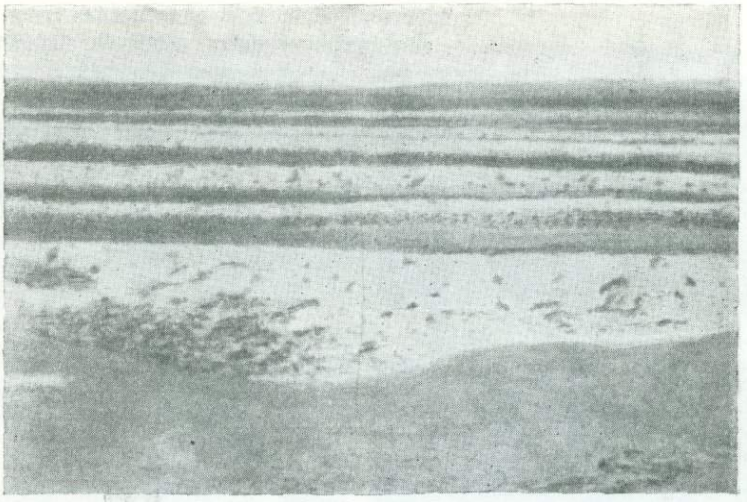
Для понимания происхождения форм песчаного рельефа крайне важно учитывать метеорологические условия, прежде всего направление господствующих ветров и их местные отклонения. Особую роль в познании рельефа песков играет аэрофотосъемка. При помощи аэрофотоснимков и составленных по ним карт песков Б. А. Федорович, наблюдая в натуре связь рельефообразования с характером ветров, подтвердил взгляды В. А. Обручева на то, что в Кара-Кумах песчаные гряды расположены в направлении, продольном ветру. На фиг. 52 хорошо видно, что песчаные гряды возникают чаще всего продольно господствующим ветрам (*1*), а при равномерном режиме ветров и преобладании инверсионных токов образуется ячеистый рельеф песков (*2*).

На фиг. 53 изображена зависимость образования различных форм ряби от характера передвижения песка ветром.

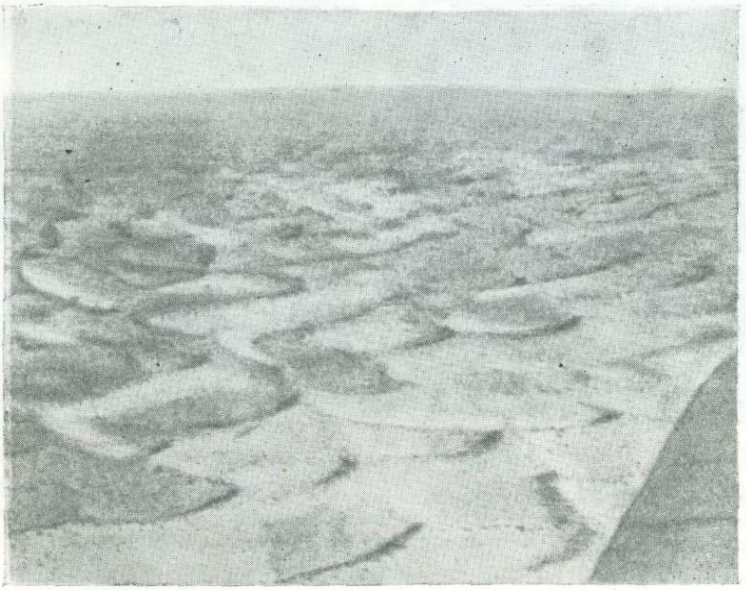
Известны формы песчаного рельефа, направленные перпендикулярно ветру. Б. А. Федорович показал, что по мере приближения к горам (например, к Копет-Дагу) отражение ими воздушных потоков вызывает появление песчаных гряд, расположенных в направлении, поперечном к господствующему направлению ветров. Поперечные формы рельефа песков встречаются или в самых зачаточных стадиях образования эолового рельефа (рябь, зарождение береговых дюн, одиночные мелкие барханы на плотном субстрате), или являются сопутствующими деталями более крупного рельефа (барханные поперечные гребни на продольных грядах), или же представляют собой крупные ландшафтные образования. Формы рельефа песков, поперечные ветру, возникают в результате трения ветра о неровности земной поверхности, а также при встрече морских ветров с горами (на побережьях морей Каспийского, Аральского, Балтийского

и др.). При этом происходит торможение воздушных потоков в мощном слое атмосферы и возникают песчаные гряды, поперечные господствующему направлению ветров.

Каждая из форм песчаного рельефа имеет свои отличительные особенности. Продольные ветру гряды, будь это пески совершенно оголенные



1



2

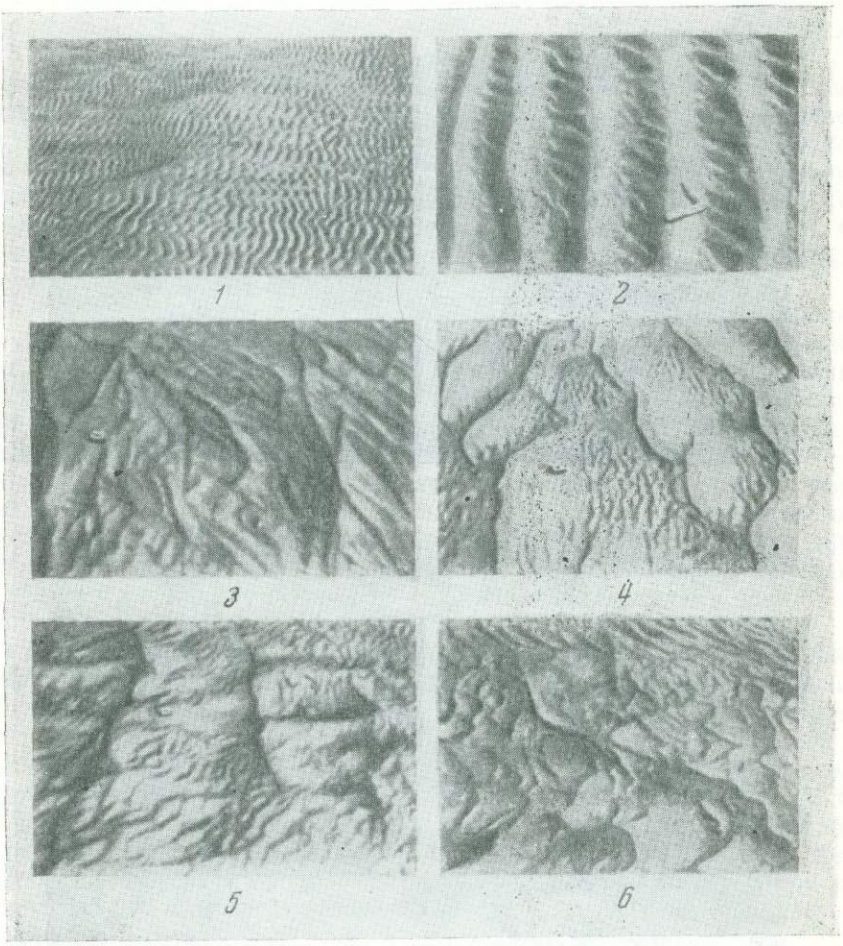
Фиг. 52. Грядовые *(1)* и ячеистые *(2)* пески. Фото Б. А. Федоровича

или несколько закрепленные пустынной растительностью, имеют вытянутую и симметричную форму. Высота гряд — от нескольких до десятков метров. Только в Сахаре, где пассаты упорно дуют в одном и том же направлении, гряды весьма древнего возраста (до 1 миллиона лет) нарастают в высоту до сотни метров.

В пустынях Средней Азии наряду с грядами высотой 1—3 м на молодых речных наносах (Аму-Дарьи) встречаются гряды высотой 10—12 м на

песках, отложенных в эпоху максимального оледенения. В тех районах, где пески перевевались в течение всего четвертичного периода, а может быть, частично и в конце неогена, высота заросших гряд достигает 40—60 м.

Узор грядового рельефа бывает различным. Гряды то строго прямолинейны, то отступают от прямолинейности, если к господствующим ветрам



Фиг. 53. Виды ряби:

1 — морская рябь; *2* — ветровая рябь; 3 — сложная лунковая рябь при пересечении ветров под острым углом; *4* — сложная чешуйчатая рябь; *5, 6* — сложная разномасштабная рябь с пирамидальными узлами. Фото Б. А. Федоровича

примешиваются ветры местных направлений. Гряды в этом случае осложняются поперечными перемычками, более низкими и узкими, разделяющими межгрядовые понижения на овальные западины — ячеи. Так возникает смешанная форма рельефа — грядово-ячеистая.

При ветрах, дующих с равной силой с разных сторон, образуются изолированные кольцевые дюны. При равномерном режиме ветров и восходящих токах воздуха возникает как бы сотовое расчленение: вся поверхность песков оказывается состоящей из округлых в плане и полукруглых в разрезе чашеобразных впадин выдувания и разделяющих их узких ва-

лов. Этот рельеф получил название ячеистого вследствие геометричности расчленения.

Лунковые пески образуются в тех случаях, когда ветры, дуя в разных направлениях, не имеют какого-либо определенного румба, что приводит к исчезновению грядовости рельефа и к формированию валов двух направлений, пересекающихся под острым углом.

Часто встречается поперечно-грядово-лунковый рельеф (фиг. 54) с обарханенными гребнями.

В природе существует много переходов между главнейшими типами песчаных форм рельефа (грядовыми, ячеистыми, лунковыми). Если встречаются ветры противоположных направлений, но равной силы, то образуются поперечные гряды, равносклонные, но менее правильные, чем обычные продольные гряды. Если один из ветров оказывается сильнее, то образуются продольные к этому ветру грядки и создаются граблевидные дюны. При значительно большей силе одного из ветров поперечные гряды разрываются и превращаются в отдельные дуги, напоминающие барханы.

Фиг. 54. Поперечно-грядово-лунковый рельеф полузакрепленных песков, образовавшийся перед орографической преградой. Фото Б. А. Федоровича

Наиболее характерными формами подвижных песков пустынь являются барханы. Это образования от очень мелких форм до крупных, даже гигантских. Наблюдается большое сходство всех форм рельефа песков с рисунком песчаной ряби (ее высота всего 0,5 см с расстоянием между гребешками в 12 см). Но рябь никогда не разрастается до величины бархана. Последний образуется завихрениями иного, более мощного слоя воздуха. Обычно рост бархана начинается с появления на плотной поверхности такыра округлого, полого возвышающегося в середине скопления песка окружностью около 2 м. Как только высота щитовидного скопления становится больше 35—40 см, на его заветренной стороне образуется завихрение. На щитовидной дюне возникает полуворонка с откосом высотой 12—15 см. С этого момента и зарождается бархан. Это самый маленький бархан. Постепенно разрастаясь, бархан достигает высоты 4—5 м и в поперечнике 40—70, иногда до 140 м. Достигнув такого размера, бархан перестраивается — получает комплексное строение. Он делается групповым (двойным, тройным и т. д.), а затем превращается в барханную цепь. Ее высота достигает 75 м (в Центральной Азии более 100 м), а поперечник 800—1000 м. Расстояние между гребнями составляет 1,4—1,6 км. Длина комплексного бархана («давана») достигает 2,6—3 км, а цепей — до 20 км.

Барханы резко отличаются от приречных, приозерных и приморских овальных или дугообразных (параболических) дюн своей правильной формой — в виде полумесяца. Центральная часть бархана утолщена, пониженные и короткие рога направлены по ветру. Наветренный, выпуклый склон бархана пологий, а подветренный — вогнутый, крутой. Крутизна

подветренного склона составляет 30—33° (что отвечает углу естественного откоса сухих мелких песков), а наветренная 5—12°.

Можно наблюдать песчаные рельефы, очень похожие по форме, но резко отличающиеся по размерам. Обычно на одном и том же участке песчаного рельефа наблюдается сосуществование мелких и крупных форм. Так, например, для барханного рельефа оголенных песков Б. А. Федорович устанавливает пять форм разных категорий величин: 1) песчаная рябь; 2) мелкие барханы и барханные цепочки, имеющие высоту 1—3 м и расстояние между гребнями от 10 до 50 м; 3) нормальные барханы и барханные цепи высотой от 2 до 5—7 м с расстоянием между гребнями от 50 до 250 м; 4) крупные комплексные барханы и барханные цепи, где расстояние между гребнями достигает уже 400 м, и, наконец, 5) большие комплексные барханные цепи — даваны, достигающие высоты 60—75 м, при расстоянии между гребнями 1,5—3,5 км (Западная Туркмения).

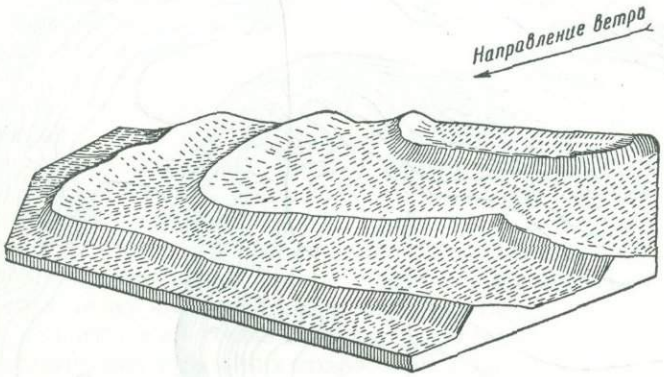
Кроме равнинных, встречаются высокогорные песчаные пустыни. Специфическую их разновидность представляет миниатюрная пустыня на западном берегу оз. Иссык-Куль, где слоистые песчано-глинистые аллювиальные осадки подвергаются развеванию периодически дующими из Боамского ущелья очень сильными ветрами («улан»). Здесь вокруг кустиков чия образуются кучи эолового песка типа кустовых бугров, а между ними ветер выдувает продольные ложбины.

В предгорьях, в области адыров, а иногда и выше в горах, где развиты рыхлые песчаники, легко выветривающиеся и дающие осыпи, песок накапливается под прикрытием возвышенностей (в местах ветровой тени). Так формируются «висячие дюны», наложенные на субстрат из коренных пород.

При изучении эоловых песков необходимо установить, на каких отложениях и древних формах рельефа они образовались. Для этого изучают не только четвертичные, но и коренные породы района. Особый интерес представляет изучение гранулометрического, минералогического и химического состава песков дюн и барханов, их слоистости, закрепления почвенным покровом, наличия погребенных почвенных горизонтов, остатков растений, фауны, чтобы можно было подойти к установлению возраста этих песков. Путем сопоставления минералогического состава эоловых песков и четвертичных отложений, а также коренных пород данного района и прилегающих местностей определяют области питания и пути миграции эоловых песков.

Материковые эоловые пески на Русской равнине чаще всего приурочены к древним террасам рек (волжские, донские, днепровские пески), к областям развития аллювиально-озерных отложений (по Припяти и др.), к зандровым областям (район Чернигова и др.), к озерным отложениям (Ленинградская область) и т. д. Широко развиты дюны и на побережьях Балтийского моря. По форме эти эоловые пески представлены или бугорками песка, начинающими зарождаться у тех или иных препятствий (кочка, куст, дерево), или разросшимися из них дюнами. Здесь нет того разнообразия эоловых форм рельефа, которые встречаются в пустынях. По берегам морей, где преобладает морской ветер, тормозящийся ветром, дующим с берега, возникают дюны, всегда поперечные ветрам и передвигающиеся в глубь страны. Во всех случаях формирование эолового рельефа материковых песков происходит следующим образом: сначала из бугорков песка возникают одиночные дюны; когда бугорок песка разрастается и превращается в дюну, она задерживает движущиеся пески и постепенно увеличивается в размерах. Если дюна в нижней части закрепляется растительностью (осока, тальник и др.), то она задерживает движущиеся песчинки, в средней же части бугра, лишенной растительности, песчинки перемещаются более свободно и середина наветренного склона

растет быстрее, чем его края. При таких условиях не может образоваться дюна полумесячной формы и возникает овальная дюна. Если дюна покрывается растительностью, она делается неподвижной. При развитии слабой растительности образуются дугообразные, или так называемые параболические, дюны (фиг. 55). Такая дюна в плане напоминает бархан, но отличается от него тем, что ее центральная часть по толщине значительно превышает боковые части (фиг. 56). Это объясняется тем, что растительность, поселившись на концах дюны, замедляет ее движение, а середина дюны, не закрепленная растительностью, продолжает передвигаться. Дюна сначала принимает выпуклую форму, а затем преобразуется в дугообразную, параболическую дюну. Наветренный, вогнутый склон ее пологий, а подветренный — выпуклый, крутой. Высота параболических



Фиг. 55. Параболические дюны

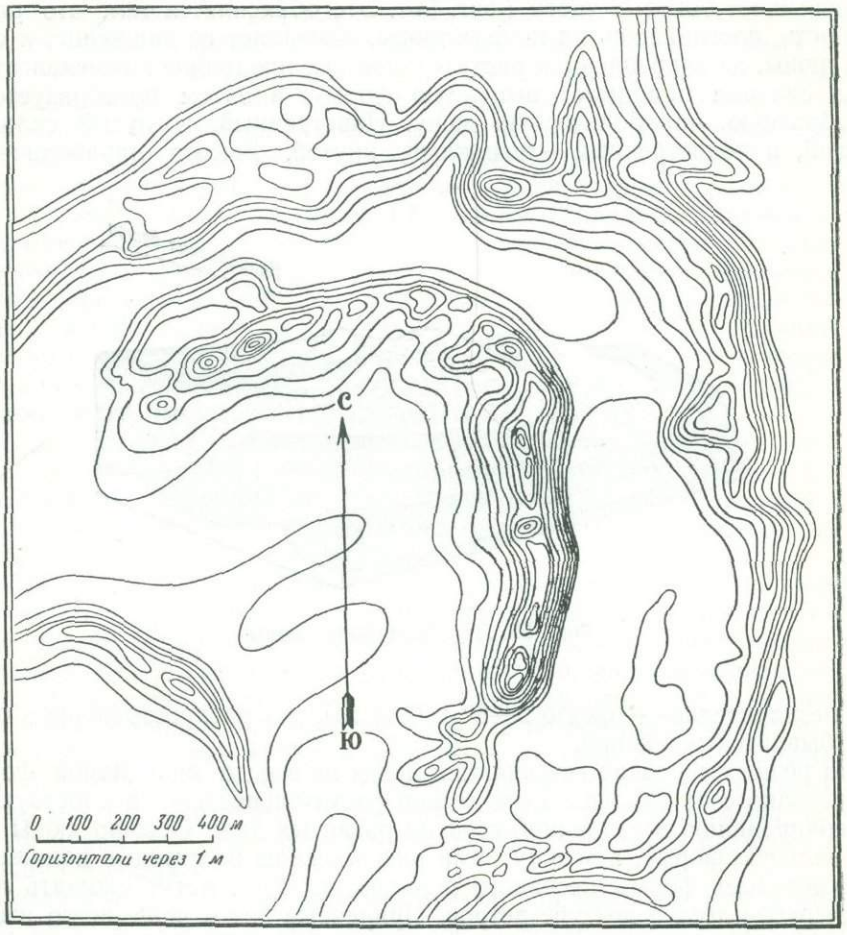
дюн незначительна — около 2—8 м. Они широко распространены в областях бывших оледенений.

На речных террасах встречаются дюны не всегда правильной формы. Это связано с их закреплением лесной растительностью, способствующей консервированию в различной степени развитых дюн. Обычно дюны имеют овальную форму, а между ними расположены бессточные понижения. Это «мертвые» формы песчаного рельефа, которые могут оживать лишь при вырубке леса и доступе ветров. Приречные дюны чаще всего известны на надпойменных террасах и очень редки на пойме.

В Северном Прикаспии развиты эоловые формы рельефа, возникшие путем перевевания дельтово-аллювиальных отложений, приуроченных к древним стоянием береговой линии моря (хвалынского). Здесь на мезоформах эолового рельефа типа параболических дюн встречаются микроформы песчаного рельефа — грядовые пески и др.

Понять происхождение песчаного рельефа и выявить его возраст можно только при помощи комплексных исследований. Необходимо осуществлять сбор метеорологических сведений, главным образом о характере и направлении ветров; следует производить геоморфологические наблюдения с применением аэрофотосъемки и наземного картирования, а также общегеологические наблюдения: 1) изучать макрорельеф и характер растительности; 2) особенно тщательно изучать рельеф эоловых песков с выделением участков закрепленных (мертвых), полузакрепленных и незакрепленных (подвижных) песков и подробным описанием разновидностей форм мезо- и микрорельефа (см. выше, стр. 128); подробно описывать явления развевания и выдувания; вести измерение и ориентировку по

странам света всех форм развевания и аккумуляции (в этом и состоит главная и специфическая часть наблюдений), наконец, 3) изучать слоистость, гранулометрический, минералогический, химический состав эоловых песков, окатанность зерен, явления гранулярной дезинтеграции, пустынный загар, наличие ветрогранников и т. п.



Фиг. 56. Параболические дюны в плане

При изучении эоловых форм рельефа полевые наблюдения следует сопровождать дешифрированием аэрофотоснимков, которое надлежит использовать как основу для крупномасштабного картирования форм выдувания и форм эоловых песков. Для гранулометрического, минералогического и полного литологического описания эоловых песков надо отбирать пробы их послойно или через 1—2 м по вертикали и из разных по генезису, величине и возрасту песчаных накоплений. Полевые наблюдения должны обязательно сопровождаться зарисовками с характеристикой крутизны склонов дюн, барханов, гряд, их размеров в плане и высоты.

В некоторых случаях для установления зависимости развевания, миграции и аккумуляции песка от движения ветров в сложных условиях песчаного рельефа можно пользоваться толченым кирпичом и другим окрашенным зернистым материалом.

Изучение всех видов эоловых песков — важная составная часть геологической съемки четвертичных отложений. Оно имеет большое практическое значение для промышленности (стекольное производство и др.), земледелия, скотоводства, разных видов строительства (городское, железнодорожное, шоссейное, гидротехническое).

НАБЛЮДЕНИЯ НАД КАРСТОВЫМИ ФОРМАМИ РЕЛЬЕФА

Карстовые явления свойственны областям развития растворимых в воде горных пород—известняков, гипсов, ангидритов, солей, а также некоторых обломочных пород (конгломераты, галечники, песчаники) с растворимым цементом. Карстовые районы бедны поверхностной водой, так как атмосферные осадки просачиваются вглубь по трещинам и пустотам. Зеркало подземных вод находится глубоко, почти на уровне воды в реках.

Основными особенностями карстовых районов являются: резкое преобладание подземного стока над поверхностным, незначительная разветвленность рек, обилие суходолов, частичное или полное исчезновение рек, наличие подземных рек наряду с поверхностными, развитие периодически действующих источников, наличие ваннового ландшафта.

Среди карстовых форм различают: блюдца, воронки, естественные шахты, слепые овраги с крутыми стенками, суходолы и крупные ваннообразные понижения — долины и полья. Кроме того, в толще закарстованных пород широко развиты пещеры, галереи, подземные каналы и пустоты разнообразной величины и формы, часто расположенные в несколько этажей. Некоторые из них служили местом обитания человека в эпоху палеолита и неолита. Карстовые пещеры представляют большой интерес для исследователя, так как в них сохраняются археологические материалы (см. раздел «Исследование пещер», стр. 140).

В зависимости от того, выходят ли карстующиеся породы на поверхность или покрыты другими отложениями, различают два типа карста — голый, или средиземноморский, и покрытый. В последнем выделяют собственно покрытый, или среднеевропейский, тип карста, когда покрывающая толща представлена элювием карстующихся пород; восточноевропейский, или закрытый, тип карста, когда покровные отложения представлены коренными отложениями (мергели, доломит, глина и т. д.); перекрытый, или камский, тип карста, когда покрывающая толща состоит из отложений террас. Кроме того, различают современный (активный) и древний (пассивный, законсервированный) карст.

При геолого-съемочных работах в карстовых районах главное внимание следует уделять описанию карстовых форм рельефа и изучению отложений, выполняющих пустоты карстового происхождения, так как в них часто сохраняется наиболее полная серия четвертичных отложений.

Самой распространенной формой карстового рельефа являются воронки. Диаметр их колеблется от 1—2 м до нескольких сотен метров, глубина — от 0,5 м до нескольких десятков метров (иногда до 100 м и более).

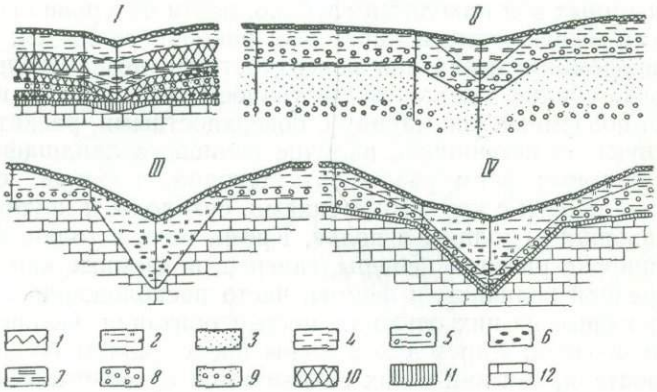
Выделяют три типа карстовых воронок:

1. Молодые, растущие воронки с открытыми понорами на дне. Часть рыхлых отложений со дна этих воронок уносится с водой в понору. Мощность отложений, выполняющих воронки, уменьшается от края воронки к центру. Внешний профиль таких воронок морфологически более резкий, чем профиль в коренных (растворимых) породах. Для изучения четвертичных отложений такие воронки не представляют интереса.

2. Зрелые карстовые воронки. Морфологический профиль на поверхности и в коренных породах резкий и в большинстве случаев одинаковый. Мощность покровных отложений здесь не меняется от края к центру или изменяется незначительно.

3. Старые блюдцеобразные воронки. Мощность покровных отложений увеличивается от края к центру. По внешней форме эти воронки не отличаются от карстовых углублений в коренных породах. В рельефе они выражены блюдцеобразными понижениями, а карстовое углубление в коренных породах имеет конусообразную форму. Для изучения четвертичных отложений и отбора образцов эти воронки наиболее благоприятны (фиг. 57).

В областях карста голого типа воронки по происхождению либо коррозионные — когда они растут постепенно на открытой поверхности растворимых пород, либо провальные — разультаты обрушения свода над подземной пустотой. В областях карста покрытого типа воронки чаще всего развиваются на поверхности растворимых пород, под покровной толщей.



Фиг. 57. Профили карстовых воронок:

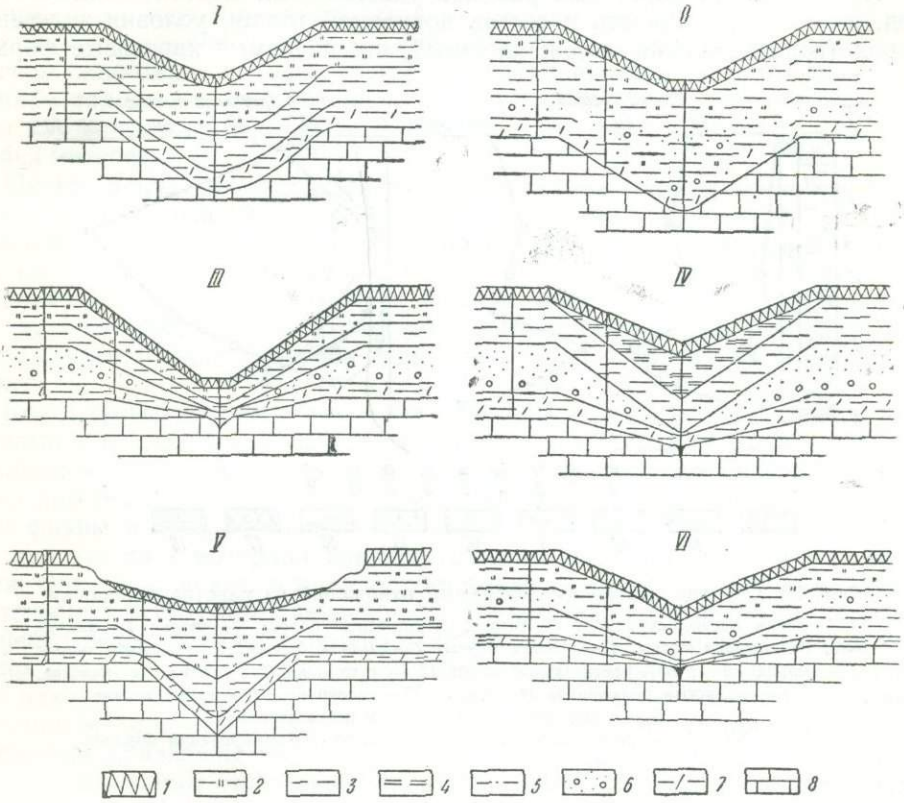
1 — растительный слой; 2 — суглинок; 3 — песок; 4 — глина коричневая; 5 — глина с галькой; 6 — углистые включения; 7 — глина серая; 8 — галечник; 9 — песок с галькой; 10 — глина пестрая; 11 — глина известняковая; 12 — известняки

При этом покровные образования могут постепенно оседать, по мере роста воронки, или внезапно проваливаться в образовавшуюся ранее пустоту. В первом случае образуются коррозионно-просадочные воронки, а во втором, когда проваливаются не сами карстующиеся породы, а покровные элювиально-делювиальные отложения,— коррозионно-провальные.

Воронки, в формировании которых, кроме коррозионных процессов, значительное участие принимают процессы эрозионные, называются коррозионно-эрозионными. Они широко распространены на дне оврагов. Иногда воронки образуются путем механического выноса водой рыхлого материала (песков, суглинков, глин) в трещины и поноры в карстующихся породах. Такие воронки называются коррозионно-суффозионными. Необходимо различать две стадии развития коррозионно-суффозионных воронок: 1) когда преобладает механический вынос водой рыхлого материала (поверхностный и подземный); при этом аккумуляция в воронке незначительна; 2) когда, вследствие закупоривания трещин и понор в растворимых породах, вынос либо прекращается, либо становится незначительным. В этом случае на дне воронки происходит накопление рыхлого материала. Могут быть также воронки смешанного происхождения — полигенетические (фиг. 58).

Как уже было отмечено выше, четвертичные отложения представлены наиболее полно в старых, заиленных воронках, в которых естественные обнажения отсутствуют. Поэтому для изучения их и отбора образцов для

спорово-пыльцевого, макрофлористического, карпологического, механического и других анализов необходимо разбуривание покровной толщи. При бурении карста покрытого типа, когда мощность покровных отложений невелика (обычно 5—10 м), можно воспользоваться ручным буром. Разбуривание ведется методом профилей, т. е. скважины задаются на дне воронки, в середине стенки и на равнине — у края стенки.



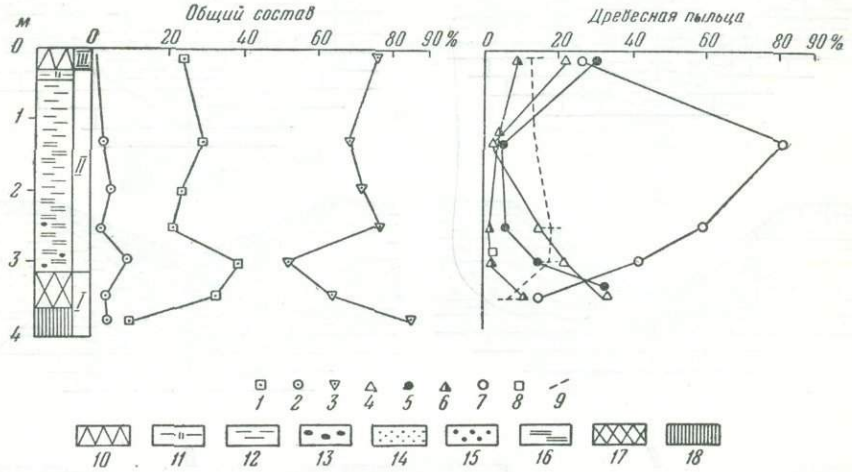
Фиг. 58. Схематические профили карстовых воронок различного происхождения:
I — коррозионно-просадочная воронка; *II* — коррозионно-провальная воронка; *III—IV* — коррозионно-суффозионные воронки; *V* — эрозионно-коррозионная воронка; *VI* — воронка смешанного происхождения (коррозионно-провально-суффозионная).
1 — растительный слой; *2* — суглинок; *3* — глина коричневая; *4* — глина серая; *5* — глина песчаная; *6* — песок с галькой; *7* — глина пестрая; *8* — известняк

Возраст отложений, выполняющих карстовые формы, может быть определен обычным путем, на основании палеонтологических и археологических данных. На значительных территориях, где континентальные отложения изучены весьма недостаточно, наиболее эффективен метод спорово-пыльцевого анализа. Определение возраста отложений, выполняющих воронки, дает возможность подойти к решению вопроса о времени возникновения самих воронок, т. е. возрасте карста.

Спорово-пыльцевой анализ можно применять лишь для установления возраста коррозионно-просадочных и коррозионно-провальных воронок (фиг. 59; см. фиг. 57), находящихся в стадии аккумуляции. Для коррозионно-суффозионных воронок он не пригоден. На основании спорово-пыльцевого анализа рыхлых отложений из карстовых воронок в Приуралье установлен их четвертичный возраст. Одни из них голоценовые, другие — более древние.

Изучение покровных отложений, выполняющих карстовые формы, имеет большое практическое значение. К карстовым пустотам приурочен ряд полезных ископаемых: бокситы, сидериты, бурые железняки, марганцовые и окисленные никелевые руды, огнеупорные и керамические глины, кварцевые пески, россыпные месторождения золота, никеля, а также минеральные воды и др.

При описании карстовых районов указывается: местонахождение пород, их состав, мощность и состав покровной толщи, условия залегания пород (горизонтальное или наклонное), наблюдаемые карстовые формы.



Фиг. 59. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений из карстовой воронки:

1 — пыльца древесных пород; *2* — пыльца недревесных пород; *3* — споры; *4* — пыльца ели; *5* — пыльца сосны; *6* — пыльца пихты; *7* — пыльца березы; *8* — пыльца ольхи; *9* — пыльца липы; *10* — растительный слой; *11* — суглинок; *12* — глина коричневая; *13* — углистые включения; *14* — песок; *15* — галечник; *16* — глина серая; *17* — глина пестрая; *18* — глина известняковая

I, II, III — фазы развития растительности в период формирования воронок

Производятся замеры карстовых форм. Для округлых воронок указывается их диаметр, глубина, для овальных и карстовых оврагов — длина, ширина, глубина, направление вытянутости. Для всех форм отмечается характер стенок (угол наклона, ровные, неровные), наличие или отсутствие растительного покрова, характер дна (заболоченное или сухое). Указывается густота воронок (количество их на 1 км^2).

В зависимости от масштаба карты на нее наносятся те или иные карстовые формы. При мелкомасштабных съемках (1 : 1 000 000, 1 : 500 000) наносятся только крупные карстовые поля (площади интенсивного развития карстовых форм) и крупные полья. При съемках в масштабе 1:200 000 отмечаются также более мелкие карстовые поля, полья, крупные котловины, овраги, суходолы, а внемасштабными значками — наиболее крупные карстовые воронки, устья пещер, выходы воклюзских источников, места появления и исчезновения карстовых рек. При более детальных съемках указываются также отдельные карстовые воронки, выходы карстовых источников и т. п.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕЩЕР

Исследование пещер представляет большой интерес для многих специалистов: археологов, палеонтологов, зоологов, геологов. Для археоло-

тов изучение пещер интересно потому, что в некоторых пещерах обитал доисторический человек и в них сохранились остатки его материальной культуры — различные орудия труда и охоты, украшения, кости животных, на которых он охотился, угольки в кострах и пр. Иногда пещеры служили древнему человеку своеобразными гробницами, в которых хоронили умерших вместе с целым рядом разнообразных предметов: скребков, наконечников копий, каменных ножей, различных бусин, пряжек и пр. Труднодоступные пещеры человек использовал иногда как святилища. На стенах таких пещер сохранились в некоторых случаях роспись, различные магические знаки, изображения животных, а на полу — глиняные фигуры животных и следы босых ног, оставленные исполнителями священных танцев, которые совершали наши предки 40—50 тысяч лет назад. Для историков культуры такие открытия, конечно, представляют выдающийся интерес.

Иногда в пещерах находятся только кости различных животных и птиц. Нередко там оказываются большие скопления скелетиков мелких грызунов; это погадки хищных птиц, производивших охоту в районе пещеры, служившей им обиталищем. Чаще всего это полуископаемые или современные остатки. Однако и они в ряде случаев представляют большой интерес, так как позволяют судить о численности и видовом составе фауны мелких грызунов в данном районе. Поэтому их следует собирать.

Кости более крупных животных занесены в пещеры жившими в них гиенами и медведями. В некоторых случаях в пещерах содержатся сотни скелетов этих зверей. Костеносные пещеры представляют интерес прежде всего для палеонтологов и зоологов. Палеонтолога интересует также состав фауны и флоры, находимой вместе с археологическими остатками, так как это дает материал для восстановления внешней среды того времени. Определение возраста археологических находок, так же как и фауны костеносных пещер, дает ценнейший материал для стратиграфии, поэтому изучение пещер и навесов важно и для геологов. Особенный интерес, конечно, представляют пещеры в районах вечной мерзлоты. Однако пещерные находки только в том случае могут быть использованы геологом-съемщиком для стратиграфии, когда пещеры и выполняющие их отложения привязаны по времени образования к каким-либо элементам рельефа, имеющим стратиграфическое значение. Обычно это морские или речные террасы.

Поэтому первоочередной задачей геолога в данном случае является установление одновозрастности каких-либо крупных элементов рельефа (например, террас) и пещер. Когда это сделано, то нередко немые отложения получают надежное палеонтологическое, а иногда и археологическое обоснование. Так, например, удалось обосновать палеонтологически и археологически возраст некоторых морских и речных террас в районе Сочи и в Крыму, не содержавших ни археологических, ни палеонтологических остатков.

При исследовании пещер геолог должен произвести некоторые наблюдения и выполнить небольшие работы, твердо помня, однако, что раскопок, если у него нет на это специального разрешения, производить ни в коем случае нельзя. Неумело проведенные раскопки могут всегда погубить ценный в научном отношении памятник. Чтобы убедиться в том, что в пещерных отложениях содержатся археологические предметы (культурный слой), следует заложить при входе или даже перед входом в пещеру шурф размером не более 1×1,5 м. Палеонтологический материал встречается и в глубине пещер, поэтому следует произвести шурфовку и там. Описать и собрать материал нужно так же, как это требуется при описании шурфов.

Все находки, сделанные на поверхности дна пещеры, следует тщательно собрать и приложить к описанию. Надо осмотреть стены пещеры — нет ли там рисунков. Желательно снять план и, во всяком случае, дать описание пещеры, выяснить ее происхождение, нанести пещеру на карту, сфотографировать.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

Гравитационные отложения возникают в результате непосредственного действия силы тяжести на горные породы, вызывающего их перемещение вниз по склону без участия транспортирующих агентов — текучей воды, ледников и ветра. Потеря или ослабление связи отдельных блоков породы с коренным субстратом, разрыхление и измельчение материала выветриванием, а также наличие уступов и склонов в рельефе — таковы основные предпосылки для проявления гравитационных движений на земной поверхности. Причинами, стимулирующими развитие гравитационных движений материала на склонах, являются: климатические факторы (особенно выпадение дождей, усиленное таяние снега, колебания температуры), изменение гидрогеологической и геоморфологической обстановки, нарушение сплошности растительного покрова или его уничтожение, сейсмические толчки, сотрясения почвы и воздушные колебания, вызванные взрывами.

Гравитационные отложения и сложенные ими формы рельефа особенно широко развиты в районах с сильно пересеченным рельефом, в условиях крутых склонов. Однако медленное перемещение переувлажненного материала под влиянием силы тяжести может происходить и при незначительных углах склона, особенно на севере, в местностях с неглубоким залеганием вечной мерзлоты. Проявлению гравитационных движений способствуют слабое развитие растительного покрова и энергично протекающее физическое выветривание.

Для обозначения гравитационных отложений нет общепринятого термина. Удобнее всего применять термин «коллювий», перед которым, в зависимости от способа образования материала, ставится определение, например: осыпной коллювий, оползневый коллювий, солифлюкционный коллювий и т. п.

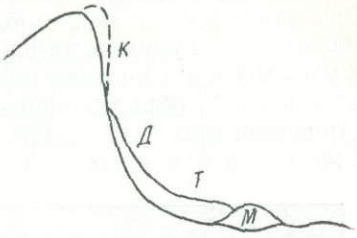
Гравитационные отложения и образуемые ими формы рельефа можно разделять, в зависимости от состава материала и способа его перемещения, на три фациальные группы.

К первой группе относятся отложения и формы рельефа, возникшие в результате *обвала*, *скатывания* и *осыпания* горных масс. Обваливаются иногда отложения объемом в сотни и тысячи кубических метров, общим весом до нескольких миллиардов тонн. При этом обрушившаяся порода обычно образует хаотические скопления обломочного материала — *завалы*, часто перегораживающие горные долины, вызывающие подпруживание рек и образование плотинных озер. В других случаях каменная лавина, двигаясь по тальвегу долины, заполняет его обломками на значительном протяжении. Впоследствии эти обломочные каменные массы могут приобретать медленное поступательное движение в виде «каменных рек» (см. ниже).

Частое падение и скатывание отдельных глыб и обломков породы по крутым, интенсивно выветривающимся склонам постепенно приводит к образованию у их подножия прислоненных конусов — осыпей. Угол естественного откоса осыпей, сложенных более или менее крупными обломками, не могущими удерживать сколько-нибудь значительное количество воды, соответствует сухому состоянию материала. При наличии или постепенном накоплении в составе осыпи мелкого материала, способного удерживать влагу, осыпь может сползать, поверхность ее выполаживаться и образовывать так называемые «осовы». Нередко конусы осыпей сливаются своими

основаниями и образуют у подножия крутых горных склонов сплошную наклонную поверхность, сложенную коллювием. В троговых долинах, в результате прислонения материала осыпи к валу боковой морены, образуются «террасы-подножия» (фиг. 60).

Если нижняя часть склона занята снежником, обломки скользят и скатываются по его поверхности и накапливаются у его нижней кромки, образуя вал. Такие образования получили название «нивальных» или «псевдоморенных» валов (фиг. 61). Они могут быть приняты за боковые морены, от которых отличаются отсутствием в их составе обломков, перемещенных ледником из верховьев долины.



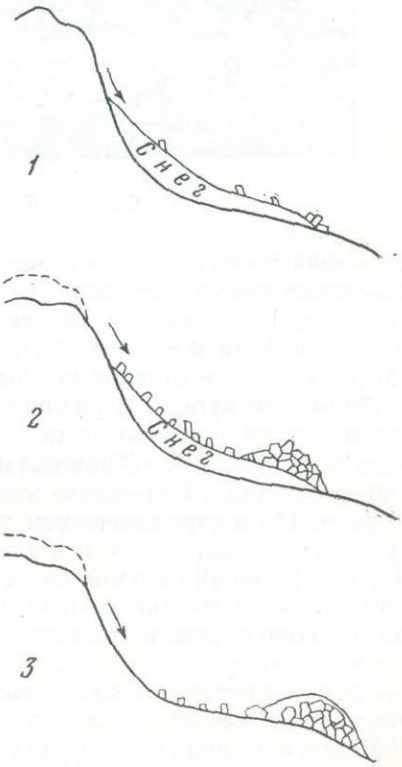
Фиг. 60. Образование террасы у подножия крутого склона путем прислонения осыпки к боковой морене:

К — зона интенсивного разрушения коренного склона; *Д* — осыпь; *Т* — терраса, сложенная осыпным коллювием; *М* — боковая морена

Более мелкие конусы осыпей встречаются повсеместно у подножия абразионных и речных террасовых уступов. Щебнистые осыпи нередко окружают подножия скал — останцов, особенно в пустынях.

Обвалы и осыпи являются образованиями азональными и могут быть встречены в любой части территории СССР.

Ко второй группе относятся отложения и формы рельефа, возникшие в результате оползания (скольжения) под уклон участков суши, пластов или крупных обломков. Оползание обусловлено наличием переувлажненного, богатого мелкоземом слоя грунта, поверхности мерзлоты, льда или смоченной водой гладкой поверхности горных пород.



Фиг. 61. Схема образования нивального вала у подножия крутого склона:

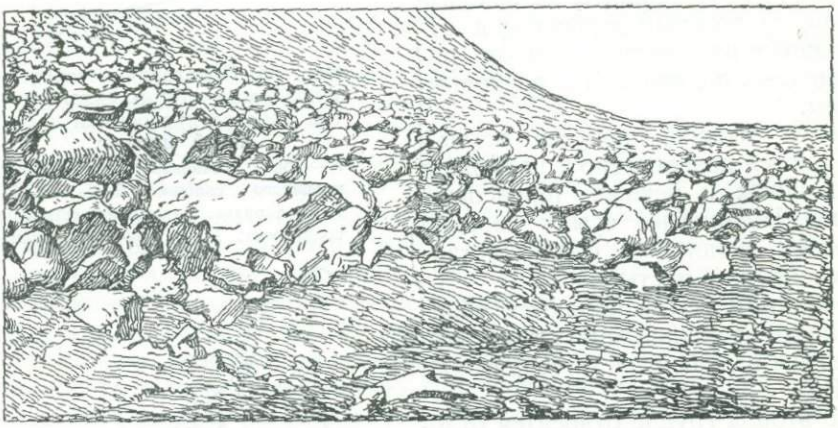
1—3 — последовательные стадии процесса

Крупные блоки, отколовшиеся от скал в результате выветривания, или валуны, занесенные ледником, перемещаются вниз под влиянием силы тяжести, выпахивая борозду в мягком грунте и сминая его перед собой в складки, образующие тормозной вал. По этим признакам они выделяются под названием странствующих камней. Следствием этого процесса является постепенное освобождение склонов и вершин от эрратического материала. С другой стороны, отдельные «странствующие камни» местного происхождения могут быть ошибочно приняты за валуны, перемещенные ледником. Поэтому склоны, где наблюдается массовое перемещение обломков указанным способом, отмечаются на четвертичных и особенно на геоморфологических картах крупного масштаба.

В условиях неглубокого залегания поверхности скольжения на склонах весной и после сильных дождей происходит также соскальзывание отдельных пластов грунта, скрепленных дерновиной, ведущее к образованию трещин-разрывов, взбугренных и гофрированных поверхностей склона и небольших языковидных оползней.

Оползание и скольжение обломочного материала ведет к образованию так называемых курумов, каменных рек, каменных, или щебневых, потоков.

К у р у м а м и называют плащеобразно залегающие на горных склонах скопления глыб, образовавшихся в результате интенсивного физического выветривания кристаллических пород. Поступательное движение курумов (так же как и каменных рек) вниз по склону вызвано накоплением в их



Фиг. 62. Фронтальная часть курума

основании продуктов выветривания: мелкого щебня, дресвы и мелкозема, способного удерживать влагу и служить фоном скольжения для крупных обломков. Подвижности курумов способствует также образование льда между глыбами и его таяние, вызывающее периодическое расталкивание, а затем оседание отдельных глыб, слагающих курум.

Движение курума в различных его частях происходит неравномерно, в зависимости от характера подстилающей породы, размера и формы глыб, слагающих курум, профиля склона, условий увлажнения, накопления льда и других причин. Вследствие этого различна и морфология поверхности курумов. По морфологическим признакам различают: ровные, бугристые, ступенчатые, струйчатые и другие формы курумов. Фронтальная линия (нижняя кромка) курумов также бывает выражена различно. Если курум надвинулся на мягкие грунты, перед фронтом его образуется тормозной вал из собранного в складки грунта. Иногда здесь наблюдаются концентрические валы из глыб. Нередко в краевой части курума крупные глыбы приобретают ориентировку, параллельную его кромке (фиг. 62). Очертание фронтальной линии курума в плане обычно фестончатое.

Достигнув ложбин, курумы переходят в к а м е н н ы е р е к и — подвижные скопления обломочного материала, приуроченные к долинам и ложбинам горного рельефа. Причиной образования каменных рек может быть обвал и вызванная им каменная лавина. Иногда подобные образования возникают в связи с глетчерами, но обычно они являются результатом выветривания склонов и медленного сползания обломков в долины. Более мелкие образования подобного рода носят название к а м е н н ы х, или щ е б н е в ы х п о т о к о в. Для морфологии каменных рек характерны валы, расположенные в виде концентрических дуг в их

фронтальной части. Такие валы образуются потому, что скорость движения осевых частей каменной реки больше, чем краевых ее частей, что было определено путем наблюдения над смещением линий реперов, установленных поперек каменных рек.

Характерной особенностью разреза всех описанных выше образований является резко выраженное разделение их на два слоя: верхний, сложенный крупными глыбами с небольшой примесью щебня и мелкозема, нередко выпирающего и образующего на поверхности маленькие островки и полосы мелкозема, и нижний, в котором наблюдается относительно большее содержание мелкозема, дресвы и щебня, иногда суглинки и порой ледяные прослойки.

Крупную и разнообразную группу образуют собственно оползни. Причинами их образования являются: подмыв основания склона рекой или морем, перегрузка склона осыпями и обвалами, уменьшение прочности пород, очень часто обусловленное смачиванием внутренних поверхностей подземными водами или насыщением водой масс грунта. Оползни вызываются локальными, а не общеклиматическими условиями (условия залегания пород, гидрогеологическая обстановка).

Оползни могут захватывать весь склон или развиваться постепенно в несколько этапов (снизу вверх или сверху вниз), образуя ступени, запрокинутые в сторону, противоположную движению. Оползанию обычно предшествует образование дугообразных трещин отрыва на поверхности склона. Поверхность скольжения (срыва пород) обычно имеет форму чаши. У места выхода ее — в основании склона — нередко наблюдается вал выпирания. Отложения, охваченные оползнем, могут сминаться в складки или перемещаться в пределах данного блока без нарушений. Иногда наблюдается оползание целых больших участков прислоненных террас. Поэтому геологу-съемщику и геоморфологу очень важно выделить оползневые зоны по морфологическим признакам и учитывать влияние оползневых процессов при изучении обнажений и при оценке находок фауны.

Признаком старых оползней является сглаженная, бугристая, хорошо задернованная поверхность, часто заросшая кустарником и лесом.

Рельеф склона в области свежих оползней значительно более резкий, ступенчатый, деревья наклонены («пьяный лес»).

При классификации оползней выделяют типы: 1) асеквентный — в однородной глине; 2) консеквентный по плоскости раздела слоев; 3) консеквентный по поверхности разделения пластического образования. Эти типы оползней изображены на прилагаемой схеме (фиг. 63).

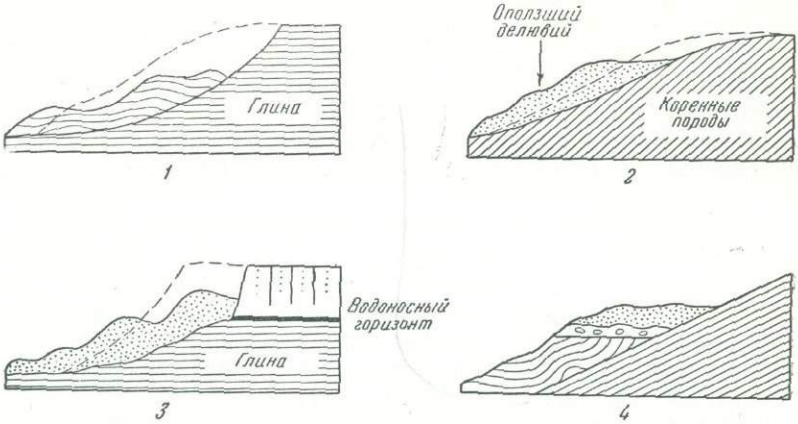
Подробно оползневые явления рассматриваются в курсах инженерной геологии и гидрогеологии.

Третью группу гравитационных образований составляют отложения, возникшие в результате течения рыхлых, насыщенных водой масс грунта на склонах. В литературе оно получило название солифлюкции (soil — почва, flow — течь).

Течение грунта особенно активно проявляется в высоких широтах и в областях с неглубоким залеганием вечной или сезонной мерзлоты. В этих условиях талые и дождевые воды периодически перенасыщают верхние горизонты грунта, что ведет к уменьшению коэффициента внутреннего трения грунта и проявлению текучести уже при углах склона в 3—5°.

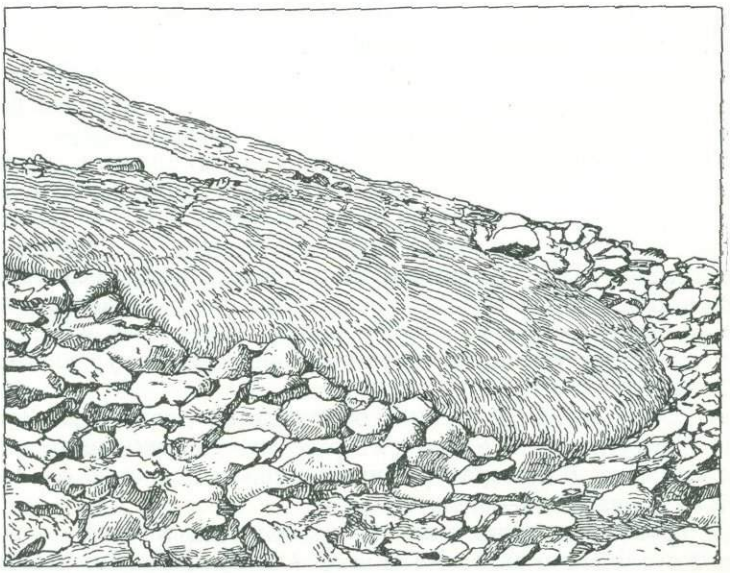
Морфологически наиболее типичны солифлюкционные (натечные) терраски и валы, образующиеся на склонах в области развития богатых мелкоземом грунтов (фиг. 64). Размер каждой отдельной терраски обычно не превосходит нескольких десятков метров в поперечнике; высота уступа колеблется от 0,3—0,5 до 2—3,5 м. Натечные террасы обусловливают мелкую неправильную ступенчатость солифлюкционных склонов средней и малой крутизны.

Высота солифлюкционных валов также колеблется в пределах указанных выше цифр, но длина их нередко достигает нескольких сотен метров при ширине 3—5—8 м. Некоторые авторы считают, что в формировании



Фиг. 63. Типы оползней в четвертичных отложениях, вызывающих образование ступенчатости на склонах:

1 — асеквентный оползень в однородной глине; *2* — консеквентный оползень по поверхности разделения делювия и коренных пород; *3* — инсеквентный оползень пластического образования; *4* — консеквентный оползень, перекрытый отложениями морской террасы



Фиг. 64. Солифлюкционное натекание грунта на крупнообмолочную россыпь

указанных образований принимает участие также мерзлотное пучение грунта.

В ложбинах горных склонов в период весеннего таяния снега наблюдаются подвижные грязевые потоки, а на слабонаклонных поверхностях развиваются так называемые земляные полосы, чередующиеся с более узкими, сложенными обломками горных пород. Иногда склоны как

бы опоясываются цепочками камней — каменными гирляндами (фиг. 65). Образование этих форм вызвано не только течением грунта, но и морозно-мерзлотными процессами (см. следующий раздел).

Для солифлюкционного коллювия характерно наличие грубой и непостоянной слоистости, иногда смятий.

Выделение гравитационных отложений и форм рельефа является важной задачей геолога-съемщика, особенно в горных условиях и при работе в северных районах, и имеет большое научное и практическое значение.

Съемщик обязан тщательно описывать морфологию гравитационных образований и их разрезы, так как в противном случае создается неверное представление о генезисе рельефа, неверно указываются границы на геологических картах и дается неправильная ориентировка поисковых работ.

Фиг. 65. Каменные и земляные полосы

При описании завалов, осыпей и связанных с ними образований необходимо характеризовать их размеры, углы поверхности, форму и размер слагающих их обломков и их петрографический состав.

Следует дополнительно отметить форму поверхности курумов и каменных рек, наличие валов в краевых частях. Для солифлюкционных террас и валов замеряются их поперечник и высота уступа, угол склона, на котором они развиты, отмечается связь с более крупными формами рельефа, состав грунта и экспозиция склона, выходы грунтовых вод, наличие снежников, расположенных выше по склону.

Оползни также подробно характеризуются со стороны их морфологии, что дает возможность выделить по этим признакам различные типы оползней и установить их относительный возраст. Необходимо делать зарисовки и фотографировать характерные объекты, выделять крупные формы на аэрофотоснимках выясняя их дешифровочные признаки.

Надо также указать размеры обломков курумов, каменных рек и осыпей, их характер и петрографический состав, распределение материала по крупности, особенно наличие прослоев мелкозема, мерзлоты и ледяных прослоек, грунтовой воды, соотношение с подстилающей породой.

Для солифлюкционных террас и валов важно отмечать наличие в разрезе следов слоистости и смятий, погребенных прослоек гумуса, ледяных прослоек.

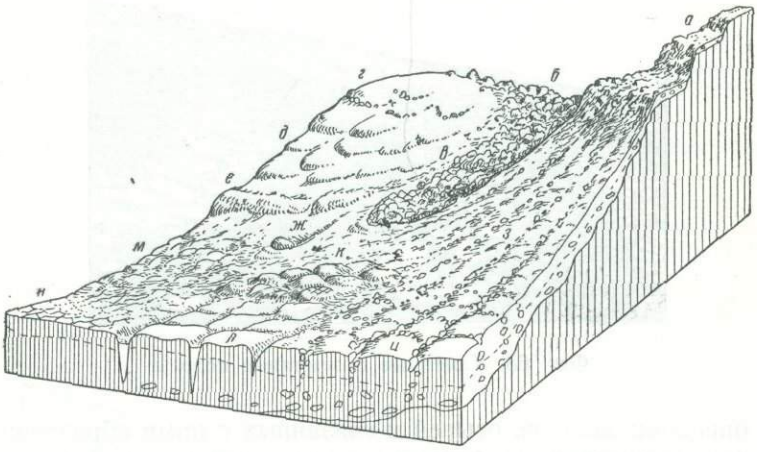
Крупные завалы, каменные реки, курумы, зоны развития осыпей и солифлюкционных террас и оползней могут быть показаны на картах масштаба 1:1 000 000 внемасштабными геоморфологическими значками. На картах масштаба 1 : 200 000 эти образования могут быть показаны в масштабе карты. Нивальные и солифлюкционные валы показываются на карте масштаба 1 : 50 000 и крупнее.

ФОРМЫ РЕЛЬЕФА МОРОЗНО-МЕРЗЛОТНОГО И ТЕРМОКАРСТОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

При геолого-съемочных работах в условиях севера СССР и в области распространения вечной или сезонной мерзлоты геологу очень часто приходится встречаться со своеобразными формами рельефа, связанными с морозно-мерзлотными и термокарстовыми процессами (фиг. 66). Существует несколько таких форм.

Трещинные полигоны. Различают:

а) Небольшие плоские или слабовыпуклые полигоны, обрамленные сетью трещин, развивающиеся в результате усыхания открытой поверхности глинистых грунтов. Такие образования получили название полигональных (текстурных) грунтов (фиг. 66, *н*).



Фиг. 66. Формы микро- и мезорельефа в четвертичных отложениях, связанные с мерзлотой. По С. Г. Бочу:

а — нагорные террасы; *б* — курум; *в* — каменная река; *г* — каменные гирлянды; *д* — солифлюкционные (натечные) террасы; *е* — солифлюкционный вал (вал пучения); *ж* — скольжение камня по переувлажненному грунту; *з* — каменные полосы; *и* — ячеистые формы структурных грунтов; *к* — крупнобугристый рельеф; *л* — трещинные морозные полигоны (ледяные клинья); *м* — мелкобугристый рельеф; *н* — полигональные (текстурные) грунты

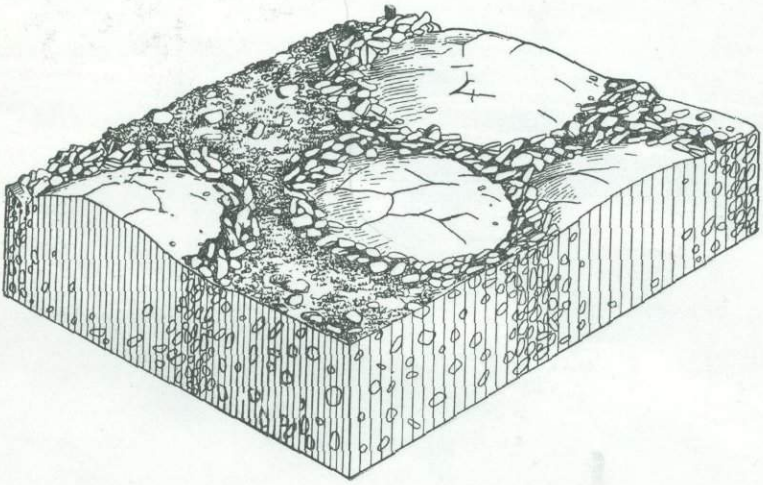
б) Большие трещинные полигоны (чаще всего тетрагоны), со стороной до 50 м в длину, разделенные правильной системой трещин, представляющих естественные канавы, шириной 1—5 м, заполненные льдом, водой, торфом или минеральными осадками, вдоль которых нередко наблюдаются валики высотой до 1 м и шириной 1—3 м. Такие образования возникают в результате растрескивания слабо защищенного снежным покровом грунта при резком понижении температуры воздуха с последующим образованием в них «ледяных клиньев» (фиг. 66, *л*). Они широко развиты к северу от Полярного круга.

Бугристый рельеф бывает двух типов:

а) Мелкие бугры (фиг. 66, *м*), характеризующиеся массовым развитием небольших (до 1—1,2 м высотой и 1—3 м в поперечнике) холмиков — плоско-выпуклых, куполовидных с плоской вершиной и крутыми стенками, напоминающих могильные насыпи, и др. Иногда они образуют характерный микрорельеф, известный под названием «бугристых марей». Происхождение их связывается с пучением верхних горизонтов грунта.

Иногда развиваются бугры с кратером на вершине, из которого периодически вытекает грязь. Такие бугры получили название «мерзлотных сальз».

б) Крупные бугры (фиг. 66, *к*) могут достигать нескольких десятков метров в высоту при поперечнике основания 100—400 м. Таковы подземные наледи (гидролакколиты, булгунняхи или «седе»), в ядре которых находится мощная ледяная линза, прикрытая слоем минерального грунта и торфа. Значительно чаще встречаются бугры, сложенные минеральным грунтом или торфом, с небольшими прослойками льда, высотой от 1 до 3—5 м, 10—30 м в поперечнике, обладающие плоско-выпуклой вершиной, нередко корродированной и разбитой трещинами. Такие бугры возникают в результате образования ледяных прослоек, а также как следствие эрозионной и термокарстовой разработки морозных трещин. При наземной съемке и аэровизуальных наблюдениях крупные бугры могут быть ошибочно приняты за формы моренного происхождения.



Фиг. 67. Каменные кольца

Морозные структурные грунты образуют своеобразную группу форм, развитых в высокогорных и северных странах; они возникают в результате частых колебаний температуры грунта вокруг точки замерзания, вызывающих морозный сдвиг и вымораживание более крупных обломков в верхнем слое грунта. Различают ячеистые и полосчатые формы морозных грунтов (фиг. 66, *и*, *з*).

К первым относятся каменные кольца (венки), от 0,5 до 3—5 м в поперечнике, сложенные крупными обломками, окружающими плоскую или слабовыпуклую площадку из мелкозема и щебня (фиг. 67). К подобным же образованиям относятся каменные многоугольники пяти- или шестиугольной формы. При массовом развитии таких форм образуются каменные сети.

К полосчатым формам относятся каменные полосы, или ленты, шириной до 0,5—1,5 м, чередующиеся с земляными, обычно несколько более широкими (см. фиг. 65). Полосы ориентированы в направлении склонов. Процессы вымораживания в них сочетаются с течением грунта (солифлюкцией) и отчасти с ростом пачек ледяных кристаллов («ледяной травы») при заморозках. С «ледяной травой» некоторые авторы связывают образование маленьких ячеек и каменной сетки, наблюдаемой иногда на внутренней части более крупных структурных грунтов или пятен медальонной тундры (см. ниже).

Пятнистая (медальонная) тундра. Под этим названием известны участки, характеризующиеся массовым развитием окруженных растительностью пятен голого грунта, 0,5—1,5 м в поперечнике, образовавшиеся под влиянием процессов коррозии растительности и последующей солифлюкции грунта в этих местах (фиг. 68).

Нагорные террасы. Совместное действие морозного выветривания и солифлюкции приводит к образованию в горах террасовидных уступов и плоских усеченных вершин — «тумпов». Высота уступов нагорных террас, в области которых наблюдаются выходы коренных пород, колеблется от 1 м до нескольких десятков метров. Угол наклона от 90 до

Фиг. 68. Микроступенчатость на пологом склоне с развитой пятнистой тундрой

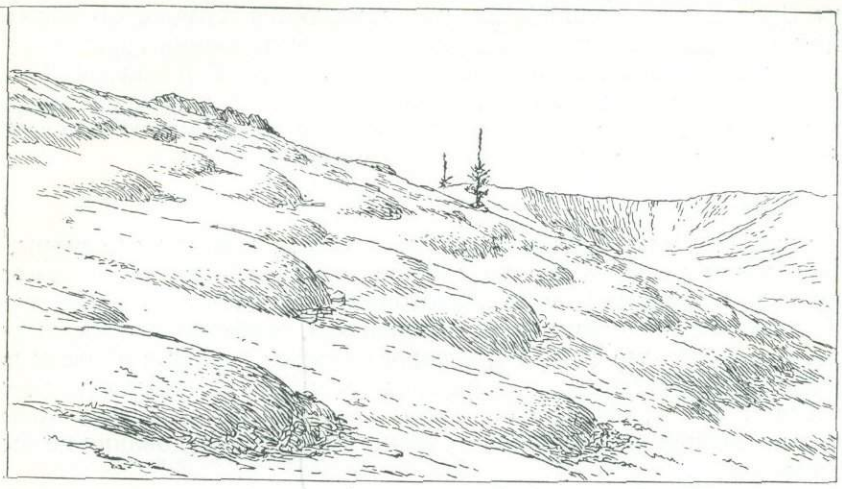
25—30°. Горизонтальная площадка, покрытая плащом солифлюкционного коллювия мощностью 0,5—3,5 м, может протягиваться на несколько сотен метров. В отличие от древних морских и речных террас, высота и число уступов нагорных террас на разных частях склона одной и той же вершины не совпадают (фиг. 69).

Различают развивающиеся («живые») нагорные террасы, занимающие гольцовые области, где активно протекают гравитационные движения и процессы морозного выветривания, и неактивные (законсервированные, реликтовые) нагорные террасы, расположенные в пределах лесной зоны и указывающие на наличие мерзлотно-морозных процессов в прошлом.

Образование нагорных террас в основном есть результат разрушения («подрубания») морозным выветриванием оснований уступов, возникших на горных склонах, что вызывает их отступание «на себя». Этот процесс, по-видимому очень широко распространен в природных условиях Севера. Он наблюдается, в частности, на склонах долин, образованных твердыми породами. Такие морозобойные уступы часто бывают перекрыты оползневыми и солифлюкционными шлейфами.

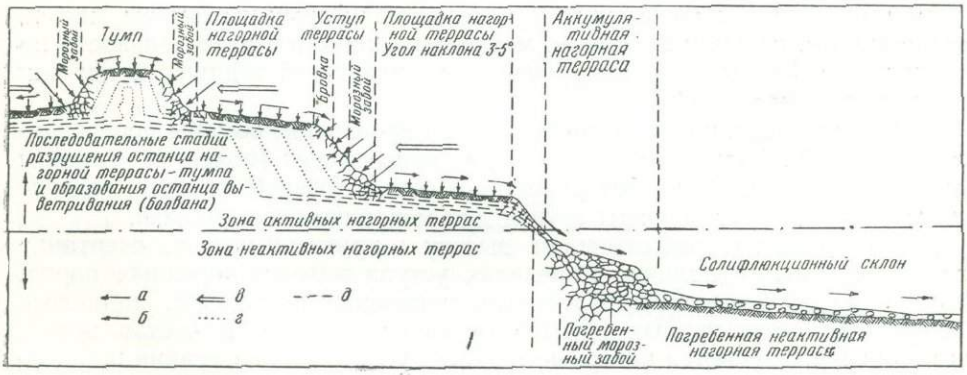
На фиг. 70 приведена принципиальная схема образования нагорных террас по С. Г. Бочу и И. И. Краснову.

Термокарстовые формы. Термокарстовые процессы обусловлены протаиванием мерзлоты и грунтового льда в результате потепления климата, а также из-за нарушения термического режима мерзлых грунтов



Фиг. 69. Солифлюкционные террасы

вследствие пожара, рубки леса, распахивания земли, образования водоемов с не промерзающим полностью слоем воды и т. д. Просадки грунта, связанные с термокарстовыми процессами, очень разнообразны по форме и размерам. В Сибири крупные термокарстовые ванны носят название аласов, пинго.



Фиг. 70. Схема образования нагорных террас. По С. Г. Бочу и И. И. Краснову:

а — морозное выветривание (размер стрелки показывает различную степень интенсивности процесса); *б* — солифлюкционный перенос рыхлых продуктов выветривания; *в* — направление попятного движения уступов нагорных террас; *г* — последовательные стадии отступания уступа нагорной террасы под воздействием морозного выветривания; *д* — последовательные стадии снижения площадки нагорной террасы под воздействием солифлюкционного сноса и морозного выветривания

Наиболее крупные образования могут достигать нескольких километров в поперечнике. Обычно они заполняются водой, но иногда это заполнение носит сезонный характер. Чаще всего озера термокарстового происхождения имеют круглую форму; постепенно разрастаясь в стороны, они сливаются с соседними озерами или отделяются от них узкими перемычками. Такой ландшафт, характерный для равнинных пространств

нашего Севера, хорошо выделяется на аэрофотоснимках и получил название ландшафта «барсовой шкуры».

Термокарстовые провалы могут также иметь полигональные очертания, четковидную, линейную, коленчатую, кольцеобразную и полулунную формы. В результате просадок иногда развиваются термокарстовые трещины. В сильно льдистых грунтах в результате протаивания грунтового льда образуется обращенный, или инверсионый рельеф (западины располагаются на месте бугров). Эрозионная и термокарстовая разработка морозных трещин на склонах приводит к образованию конусообразных останцовых форм, называемых «байджарахами».

При исследовании трещинных полигонов отмечаются их размеры, форма поверхности, глубина трещин и характер их выполнения, состав грунта и глубина залегания мерзлоты. Необходимо устанавливать связь трещинных полигонов с крупными формами рельефа, особенно хорошо видную с самолета. Необходима точная фиксация разрезов грунта в области развития ископаемых клиновидных морозных трещин. При этом производится зарисовка и фотографирование свежих расчисток и берутся образцы пород, вмещающих и выполняющих трещины, для исследования на пыльцу и диатомовые.

При описании бугристых форм рельефа указывают размеры бугров (поперечник, высота, форма в плане) и составляют профили типичных бугров. При отсутствии естественных разрезов на буграх закладывают шурфы для выяснения их строения или производят их разбуривание. Берут образцы грунта (для торфа — серии образцов для пыльцевого анализа). Особо отмечается наличие мерзлоты и ледяных прослоек. Важной задачей является описание трещин, «ерсеев» и других отрицательных форм рельефа в бугристых комплексах (см. раздел «Наблюдения над карстовыми формами рельефа»).

При описании пятнистых тундр отмечают форму и размеры пятен, состав грунта, глубину залегания мерзлоты, характер растительности по краям пятна. Указывают приуроченность пятнистой тундры к тем или иным элементам рельефа.

При исследовании структурных грунтов производят замеры поперечника внутренней (земляной) части структурных ячеек (полос) и ширины каменного кольца. Отмечают размеры и состав камней, глубину залегания мерзлоты, берут образцы грунта для механического анализа.

Для нагорных террас отмечают высоту и крутизну уступа, очертание его бровки в плане, наличие в пределах уступа выходов коренных пород, размеры площадки, мощность и состав покровных отложений, наличие и расположение структурных грунтов, останцев и «тумпов», состав пород, на которых развиваются нагорные террасы, условия их залегания и характер трещин отдельности в них, географическое распространение.

При всяком удобном случае в пределах уступов нагорных террас следует закладывать метки на камнях и выступах коренных пород (несмываемой краской). Это позволит установить при повторных наблюдениях скорость отступания уступа «на себя» под влиянием морозного выветривания и характер движения обломочного материала.

При изучении термокарстовых образований отмечают их размеры, форму в плане, глубину, выполнение водой, связь между собой и с более крупными элементами рельефа. Отмечают признаки активности термокарстового процесса (наличие трещин, свежих просадок грунта, разрушение берегов, сложенных мерзлыми грунтами), образование инверсионного рельефа или, наоборот, заболачивание термокарстовых озер, рост бугров (образование регенерированного мерзлотного рельефа).

Мерзлотные и термокарстовые формы рельефа, кроме отдельных крупных гидролакколитов (булгуннях), обозначают, в случае группового их развития, условным значком группового развития на картах масштаба 1 : 1 000 000, 1 : 500 000 и 1 : 1 200 000. На картах масштаба 1 : 50 000 могут быть выделены отдельные крупные бугры, нагорные террасы, тумпы, термокарстовые озера и западины. Структурные грунты и пятнистая тундра показываются только в том случае, если они пользуются массовым развитием, на картах масштаба 1 : 200 000 и крупнее.

Литература

Наблюдения над эрозионными формами рельефа и формами, связанными с деятельностью ледников

Герасимов И. П. Овраги и балки (суходолы) степной полосы. Проблемы физич. геогр., 1950, **15**.

Герасимов И. П. и Марков К. К. Ледниковый период на территории СССР. — Труды Инст. геогр. Акад. наук СССР, 1939, **33**.

Занин Г. В. Эрозионные формы рельефа, создаваемые временными водотоками, и принципы их лесомелиорации. — Изв. Акад. наук СССР, серия геогр., 1952, № 6.

Кесь А. С. Основные стадии развития современного овражно-эрозионного рельефа. — Проблемы физич. геогр., 1950, **15**.

Методическое руководство по геологической съемке и поискам. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Ч. 1 и 2. М., Госгеолтехиздат, 1954—1955.

Николаев Н. И. Генетические типы новейших континентальных отложений. — Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., 1946, **21**, № 4.

Николаев Н. И. Изучение работы проточных вод. В кн.: «Справочник путешественника и краеведа», т. 2. М., Географгиз, 1950.

Обедиентова Г. В. Современные тектонические движения и геоморфология левобережной прижигулевской части долины Волги. — Материалы по геоморфологии и палеогеографии СССР, 1953, вып. 10 (Труды Инст. геогр. Акад. наук СССР, 58).

Обручев В. А. Лёсс как особый вид почвы, его происхождение, типы и задачи изучения. — Материалы по четвертичн. периоду СССР, 1950, вып. 2.

Шанцер Е. В. К учению о фациях континентальных осадочных образований. — Бюлл. Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1948, № 13.

Шанцер Е. В. Генетические типы четвертичных континентальных осадочных образований. — Материалы по четвертичн. периоду СССР, 1950, вып. 2.

Шульц С. С. Опыт генетической классификации речных террас. — Изв. Русск. геогр. общ., 1940, **72**, вып. 6.

Шульц С. С. К вопросу о генезисе и морфологии речных террас. — Труды Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1953, **3**.

Щукин И. С. Общая морфология суши, т. I. Москва—Ленинград—Новосибирск, Гос. научно-техн. горно-геол. нефт. изд., 1933.

Эдельштейн Я. С. 1. Краткое методическое руководство для производства геоморфологических наблюдений в поле. М.—Л., Госгеолиздат, 1947.

Эдельштейн Я. С. 2. Основы геоморфологии. М.—Л., Госгеолиздат, 1947.

Flint R. F. Glacial geology and the pleistocene epoch. New York, 1947.

Klebelsbeer R. Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. Bd. 1, Allgem. Teil. Wien, 1948.

Геоморфологические наблюдения на берегах морей и озер

Зенкович В. П. Изучение морских берегов. В кн.: «Справочник путешественника и краеведа», т. 2. М., Географгиз, 1950.

Кленова М. В. Геология моря. М., Учпедгиз, 1948.

Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Ч. 1 и 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Яковлев С. А. Наносы и рельеф г. Ленинграда. Ч. 1—2. Л., Изд. Научно-мелиорац. инст., 1926.

Ramsay W. Materialen zur Kenntnis der spätglazialen Niveanverschiebungen in Finnland. Fennia, 1931, **54**.

Наблюдения над эоловыми формами рельефа

Герасимов И. П. К вопросу об эволюции пустынных песков Туркмении. — Труды Почв. инст. Акад. наук СССР, 1931, вып. 5.

Кунин В. Н. О происхождении современных песчаных накоплений. — Докл. Акад. наук СССР, 1933, вып. 4.

Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Ч. 1. М., Госгеолтехиздат, 1954.
Мушкетов И. В. Туркестан, т. 1—2. Изд. 2, СПб., 1915.
Обручев В. А. Кучевые пески как особый тип песчаных скоплений. В кн.: «Сборник в честь 70-летия проф. Д. Н. Анучина». М., Изд. Моск. общ. любит. естествозн., антроп. и этногр., 1913.
Петров М. П. Подвижные пески и борьба с ними. М., Географгиз, 1950.
Федорович Б. А. Происхождение и формирование песчаного рельефа пустынь. — Труды Инст. геогр. Акад. наук СССР, 1948, 39.
Федорович Б. А. Происхождение и развитие песчаных толщ пустынь Азии. — Материалы по четвертичн. периоду СССР, 1950, вып. 2.
Федорович Б. А. Успехи песковедения со времени путешествия В. А. Обручева. В кн.: «Вопросы геоморфологии и палеогеографии Азии». М., Изд. Акад. наук СССР, 1955.

Наблюдения над карстовыми формами рельефа

Гвоздецкий Н. А. Карст. М., Географгиз, 1955.
Голубева Л. В. Опыт применения спорово-пыльцевого анализа для установления возраста карстовых воронок. — Бюлл. Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1953, № 18.
Зайцев И. К. Вопросы изучения карста СССР. М.—Л., Госгеолиздат, 1940.
Максимович Г. А. и Голубева Л. В. Генетические типы карстовых воронок. — Докл. Акад. наук СССР, 1952, 87, № 4.
Рыжиков Д. В. Природа карста и основные закономерности его развития. — Труды горно-геол. инст. Свердловск, 1954, вып. 21.

Гравитационные отложения и связанные с ними формы рельефа

Боч С. Г. Солифлюкция на Приполярном Урале. В кн.: «Материалы по геоморфологии Урала», вып. 1. М.—Л., Госгеолиздат, 1948.
Матвеев С. Н. Каменные потоки. — Проблемы физич. геогр., 1938, вып. 6.
Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Ч. 1—2. М., Госгеолтехиздат, 1954—1955.
Попов И. В. Инженерная геология. М., Госгеолиздат, 1951.
Sharpe C. T. S. Landslids and related phenomena, a study of mass movements of soil and rock. New York, 1938.

Формы рельефа морозно-мерзлотного и термо-карстового происхождения

Боч С. Г. и Краснов И. И. Процесс гольцового выравнивания и образование нагорных террас. — Природа, 1951, № 5.
Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Ч. 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.
Москвитин А. И. Об ископаемых следах вечной мерзлоты. — Бюлл. Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1948, № 12.
Суслов С. П. Изучение вечной мерзлоты как географического фактора. В кн.: «Справочник путешественника и краеведа», т. 2. М., Географгиз, 1950.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕОТЕКТОНИКИ ПРИ СЪЕМКЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Общие положения

Территория СССР в отношении проявления неотектоники очень разнородна. В ее пределах выделяются районы, отличающиеся не только интенсивностью проявления тектонических движений, но и своеобразием молодых тектонических структур, в большинстве случаев тесно связанных с древними тектоническими элементами. Выявить неотектонические движения можно путем анализа всего фактического материала, который собирал геолог в поле и который им привлечен при камеральной обработке. Эти данные очень разнообразны. Они обнимают собой как материалы по геологии и геоморфологии района, так и имеющиеся данные по геофизике, гео-

дезии, гидрологии, биогеографии, археологии и др. Большое количество объектов наблюдения определяют и большое разнообразие применяемой методики выявления неотектоники. Однако обилие различных методов часто ведет к произвольному их применению, причем нередко второстепенным признакам уделяют больше внимания, чем основным. Поэтому крайне необходимо использование комплексного метода, который позволяет увязать противоречивые взгляды по вопросу проявления новейших тектонических движений земной коры.

В настоящее время для многих районов доказана тесная генетическая связь новейших и современных тектонических движений с различными тектоническими элементами земной коры, с геологической структурой. Последнее очень часто определяет не только направление движения, но и пространственные взаимоотношения различных типов движений, а также унаследованность или обращенность молодых тектонических форм.

Значение общей тектонической структуры сказывается в областях как интенсивного, так и слабого проявления неотектоники. Поэтому для понимания неотектоники каждого данного района геолог, помимо выявления различными методами новейших движений, должен обстоятельно ознакомиться с общей тектонической структурой, выявить тенденцию ее развития, сопоставить данные по неотектонике с общим направлением развития древней структуры и только после этого делать конечный вывод о характере и особенностях новейшей тектоники. Такой историко-геологический подход должен считаться одной из важнейших особенностей методики изучения неотектоники.

В выявлении соотношений между неогеново-четвертичной и более древней тектоникой необходимо в поле собирать данные, позволяющие решать вопросы: обновления старых структур; унаследованного проявления неотектоники; несогласованности ее плана с более древними структурами; изменения простирания новейших структур (например, молодых разломов, поднятий и др.) по сравнению с древними тектоническими элементами земной коры; обращенности молодых тектонических форм и др.

Геологические методы

Основными и наиболее широко применяемыми методами изучения неотектоники являются геологический и геоморфологический. Первый заключается в том, что анализируется геологический разрез новейших отложений, устанавливаются соотношения фаций отдельных генетических типов континентальных и морских отложений, учитываются границы размывов в толщах пород, выявляется их мощность и т. д. Второй метод основывается на подробном изучении различных форм рельефа и их комплексов. Разграничение указанных методов условно. Как известно, новейшие отложения теснейшим образом связаны с рельефом. Понять их можно только во взаимосвязи. Поэтому геологические и геоморфологические методы чаще всего применяются в комплексе. Геолог, изучающий новейшие отложения, имеет дело как с областями денудации, так и с областями аккумуляции. Для первых характерны спорадическое прихотливое распространение различных типов континентальных отложений и разнообразные формы рельефа; в этих областях целесообразнее применять геоморфологические методы. В областях аккумуляции, где накапливаются большой мощности толщи новейших отложений, поверхностных наблюдений недостаточно и необходим тщательный сбор всего имеющегося бурового материала и отбор образцов. Для анализа этого материала применяют геологический метод, причем тщательно изучают смены фаций в вертикальном разрезе, положение их в пространстве, тектонические соотношения отдельных толщ, мощности и т. д.

Накопление континентальных отложений различных типов есть следствие экзогенных геологических процессов. Однако в результате проявления этих же процессов возникают и определенные формы рельефа. Поэтому для восстановления движений земной коры совершенно необходимо изучать не только отложения, но и соответствующие им формы рельефа. Наиболее правильные выводы получаются при применении метода корреляции, когда группу явлений из области денудации рассматривают в сопоставлении с группой явлений, отражающих неотектонику областей аккумуляции. При этом необходимо среди большого разнообразия генетических типов континентальных отложений выделять такие, которые связаны с экзогенными процессами, ведущими к образованию соответствующих денудационных форм рельефа. Весьма важно также выявить значение климатического фактора как в развитии форм рельефа, так и в накоплении континентальных отложений.

Состав отложений служит обычно мерилом интенсивности денудационных процессов, которая очень часто отражает и влияние тектонических движений. Однако не всегда осадки соответствуют движениям, так как степень грубости отложений может зависеть и от особенностей накопления материала, происходящего по-разному у разных генетических типов континентальных отложений, или может служить указанием на чисто климатические изменения. Поэтому к данному методу установления неотектонических движений следует подходить очень осторожно.

Движения земной коры очень сильно сказались и на изменении береговой линии морей. Основным признаком трансгрессии являются констатированная, одновременно совершенно определенная и постоянная в различных точках микропалеонтологическая характеристика слоев и изменение фаций в вертикальном разрезе от менее к более глубоководным.

Много для выявления неотектоники дает изучение мощностей. Мощность отложений, с учетом генезиса континентальных отложений, есть прямой показатель интенсивности проявления тектонических движений в областях аккумуляции. Однако при анализе мощностей следует учитывать положение разрезов по отношению к области денудации, происхождение форм рельефа, погребенных под новейшими отложениями, и т. д.

Сопоставление палеогеографических карт, составленных для различных отрезков времени (с учетом расположения фаций в пространстве), и сравнение очертаний береговых линий дают возможность восстановить картину неотектонических движений. Для успешного применения этого метода необходимо правильно выделять различные генетические типы отложений, выяснять их парагенезис и уметь определять влияние климатических факторов на их формирование.

Геоморфологические методы

Геоморфологические методы выявления новейших тектонических движений крайне разнообразны. Все они основываются на представлении, что рельеф является результатом взаимосвязи экзогенных и эндогенных процессов. Анализ рельефа с указанной точки зрения позволяет выявить территории, для которых характерно проявление новейших движений земной коры того или иного знака и той или иной интенсивности. Подобный метод широкого применения геоморфологического анализа может быть использован для разных форм рельефа. В формировании крупных форм рельефа, как горные хребты, предгорные и межгорные впадины, равнины, котловины и т. п., геотектонический фактор играет важнейшую роль. В своем распространении они почти целиком подчинены тектонической зональности. В ряде случаев можно установить почти полное соответствие орографии и структуры (Тянь-Шань, Забайкалье, Карпаты, Крым, Кавказ

и др.). Эта закономерность прослеживается не только в молодых горных странах, но и в областях слабого проявления неотектоники — в равнинах. Существенно отметить, что в чертах рельефа находят отражение не только крупные по размерам тектонические элементы, но и мелкие, в виде отдельных складок (куполы, валы, антиклинальные складки в виде адырных увалов и мн. др.). Установлена зависимость направлений основных долин и водоразделов от тектонической структуры. Однако в ряде случаев наблюдаются обратные соотношения структур и форм рельефа, составляющие обращенный рельеф.

Для выявления неотектоники широко применяются морфологические методы. В результате обработки топографических данных строятся карты и картограммы густоты расчленения рельефа, интенсивности вертикального расчленения, глубин местных базисов эрозии по методу С. С. Соболева и другие карты, анализ которых, совместно с данными геологического строения и геоморфологии, позволяет выявить неотектонические движения земной коры. Аналогичный результат дает применение батиметрического метода, заключающегося в изучении карт подводного рельефа с учетом данных геологии моря и берегов.

Ниже дается перечисление различных геоморфологических материалов, анализ которых позволяет обнаружить молодые движения.

а) Изучение речных долин дает ценный материал для суждения о тектонических движениях и истории их проявления. Наиболее важные данные могут быть получены в результате анализа продольного профиля речных террас долины, снятого точными методами. Погребенные террасы указывают на опускания, эрозионные и эрозионно-аккумулятивные — на поднятия. Часто террасы бывают полностью уничтожены вторичными процессами и от них остаются только участки внешнего края, указывающие на былое положение уровня древнего размыва; они также могут считаться надежными признаками молодых движений. На тектонические движения указывают также изменение высоты террасы и изломы продольного профиля, в комплексе с другими данными (Шульц, 1940). Установление динамических фаз в развитии долины и накоплении аллювия (Ламакин, 1948) также помогает выявить новейшие тектонические движения.

При изучении речных долин существенно выявить колебания мощности аллювия, определить возраст отложений подошвы аллювиальных отложений, сравнить высотное положение отдельных горизонтов (по данным скважин). Эти данные сопоставляются с результатами наблюдений над высотой берегов, высотой отдельных террас и их изменениями, над проявлениями современной эрозии и аккумуляции и т. п.

Увеличение разности высот отдельных террас и появление дополнительных террасовых уровней указывает на интенсивно проявляющиеся поднятия. Уменьшение разности высот и сокращение террасовых уровней указывает на относительное погружение земной коры.

б) Изучение гидрографической сети и истории ее развития также позволяет обнаружить проявление новейших тектонических движений. Чаще всего о последних можно судить по образованию перехватов. Важный материал о проявлении новейших и современных движений земной коры дает изучение меандрирования реки и выявление характера ее извилистости. Так, отсутствие меандр дает основание говорить о поднятии соответствующего участка долины, изгибы речных долин в ряде случаев объясняются растущими антиклинальными структурами и т. д. О проявлении молодых тектонических движений говорят: наличие участков антецедентных долин и места покинутых долин, обнаружить и объяснить которые — задача геолога.

в) Очень важные выводы по неотектонике как горных, так и равнинных областей могут дать наблюдения над деформациями древних поверхностей

выравнивания. Теоретически предполагается, что выработка этих поверхностей происходила в условиях длительного стабильного состояния данного участка земной коры или даже относительного его погружения; таким образом, по абсолютной высоте современного положения древней поверхности денудации можно оценить амплитуду ее поднятия и характер деформации. При этом важно установить генезис поверхностей выравнивания и участие в их образовании различных экзогенных процессов (в частности, процессов солифлюкции), а также определить их возраст геологическими методами.

Чтобы можно было более правильно судить о проявлении движений земной коры, очень важно сопоставить данные по изучению поверхностей денудации с материалом, полученным по смежным областям накопления. Каждой поверхности выравнивания в этих областях могут быть найдены соответствующие им толщи отложений.

г) Большое количество данных по неотектонике можно получить, изучая древние и современные береговые линии озер и морей. Признаками поднятия обычно считают древние береговые линии и террасы (прослеживание террас вдоль берега может указать на относительную интенсивность перемещения отдельных участков), расширение намывной полосы, наличие пересыпей и кос, реликтовых озер и пр. Признаками опускания являются замедление или остановка роста дельты, наличие лиманов, губ, эстуариев, затопленных прибрежных террас, подводных долин, затопленных берегов (обнаруживаемых по затопленному лесу или пням, погруженным торфяникам, уходящим под воду древним почвенным горизонтам, каменному льду и вечной мерзлоте на дне моря и др.). Большинство типов бухтовых берегов (лиманный, аральский, фиордовый и др.) если и не имеют прямого отношения к современным движениям, то свидетельствуют о недавно проявлявшихся движениях или о тенденции развития берега. Однако окончательные выводы из этих наблюдений надо делать на основании не одиночных фактов, а комплекса данных.

Инструментальные методы

Определенную помощь в выявлении современных тектонических движений могут оказать данные стационарных инструментальных наблюдений. Поэтому необходимо ознакомиться с существующими материалами, выяснить наличие в районе работ геофизических и астрономических обсерваторий и гидрометрических постов и ознакомиться с характером проводимых на них исследований. Большинство из указанных наблюдений требует специальной математической обработки.

Одним из основных показателей интенсивности современных тектонических движений являются землетрясения. Сейсмичность территории уже выделяет области, где тектонические процессы продолжаются и в настоящее время.

Для решения вопроса о современных движениях используют гравиметрические данные, однако всегда в комплексе с другими материалами. Большое значение для решения вопроса о деформациях земной коры и для их количественной характеристики имеют наблюдения, проводимые посредством специальных приборов — наклономеров. Точность этого метода при соответствующей обработке наблюдений чрезвычайно велика.

Большое число данных, характеризующих современные тектонические движения, может быть получено при проведении повторных триангуляций и нивелировок I и II классов. Анализ этих данных, в связи с геологическими и геофизическими наблюдениями, позволяет более детально и обоснованно изучать современные тектонические движения.

Обширный материал по современным тектоническим движениям может быть получен в результате наблюдений над уровнем озер, морей и океанов. Разработана оригинальная методика обработки этих данных, позволяющая выявить положение средней уровенной поверхности бассейна и деформацию земной коры (Г. Ю. Верещагин и др.).

Установить современные движения можно путем анализа кривых расходов воды рек за много лет. Эти кривые, при наличии тектонических движений, могут параллельно смещаться вниз или вверх. О проявлении современных тектонических движений свидетельствуют также и другие гидрологические признаки, например перестройка ложа реки, которая происходит одновременно с изменением плановых очертаний русла (А. Д. Козловский, М. А. Великанов).

Прочие методы

Помимо перечисленных методов выявления новейшей тектоники, в ряде случаев могут быть применены и другие. К ним относятся разнообразные историко-археологические методы: анализ различных летописных и археологических материалов, записок мореплавателей, географов древности и т. д. Хорошие результаты при осторожном использовании может дать сличение географических карт и аэрофотоснимков одной и той же местности, составленных с промежутком в несколько десятилетий.

Указания на недавнее проявление тектонических движений могут быть получены от местного населения. Можно рекомендовать анализ географических названий, которые часто отражают характеристику природных условий, могущих претерпеть изменения от различных причин, в том числе и в результате проявлений неотектоники.

Много интересных выводов можно сделать при внимательном изучении данных палеогидрогеологии (прежнее положение уровней грунтовых вод, особенности их циркуляции и т. д.). В последнее время широко применяются геоботаническая и биогеографическая методика. Путем анализа материалов о распределении различных организмов восстанавливают палеогеографию и делают соответствующие выводы о неотектонике (Г. У. Линдберг, Е. В. Вульф и др.).

Чтобы правильно выявить новейшие тектонические движения и познать их, следует использовать комплекс методов и выяснить характер более древних движений на фоне общей геологической истории. Данные о неотектонике имеются в любом районе. Однако правильный вывод можно сделать только с учетом признаков, указывающих на поднятия или опускания, которые будут различны в областях с разным тектоническим режимом (Николаев, 1949).

Литература

Бончковский В. Ф. Наклоны земной поверхности. — Труды Сейсмол. инст. Акад. наук СССР, 1940, № 99.

Бончковский В. Ф. Метод измерения наклонов земной поверхности и некоторые результаты этих измерений. В кн.: «Труды Совещания по методам изучения и деформации земной коры». М., Геодезиздат, 1948.

Варсанофьева В. А. О геоморфологии горных стран на примере Северного Урала. — Вопросы географии, 1954, сб. 36.

Верещагин Г. Ю. К вопросу о неравномерности поднятия берегов Онежского озера. — Труды Онежской научной экспед. Гос. гидрол. инст., 1931, 3, вып. 2.

Вульф Е. В. Историческая география растений. История флор земного шара. М.—Л., Изд. Акад. наук СССР, 1944.

Горшков Г. П. Землетрясения на территории Советского Союза. М., Географгиз, 1949.

Козловский А. Д. Русловые процессы и современные вертикальные движения земной коры. — Проблемы физич. геогр., 1951, вып. 17.

Ламакин В. В. Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений. — Землеведение, 1948, **2/42**.
Линдберг Г. У. Биогеографический метод познания четвертичного периода. — Изв. Акад. наук СССР, серия биол., 1948, № 5.
Марков К. К. Основные проблемы геоморфологии. М., Географгиз, 1948.
Материалы по четвертичному периоду СССР. Раздел «Неотектоника», вып. 2. М.—Л., Изд. Акад. наук СССР, 1950.
Мещеряков Ю. А. О происхождении крупных форм рельефа Русской равнины.— Изв. Акад. наук СССР, серия геогр., 1953, № 5.
Николаев Н. И. Новейшая тектоника СССР и основные закономерности проявления современных тектонических движений. — Сов. геология, 1947, № 16.
Николаев Н. И. Основные представления о новейшей тектонике Русской платформы. — Изв. Акад. наук СССР, серия геогр. и геофиз., 1947, № 2.
Николаев Н. И. Новейшая тектоника СССР, ч. 1—2. — Труды Комис. по изуч. четвертичн. периода, 1949, 8.
Николаев Н. И. Комплексное изучение молодых движений земной коры. В кн.: «Справочник путешественника и краеведа», т. 2. М., Географгиз, 1950.
Николаев Н. И. К вопросу о состоянии изучения новейших континентальных отложений. Совещание по осадочным породам, вып. 1. Доклады. М., Изд. Акад. наук СССР, 1952.
Николаев Н. И. Некоторые вопросы учения о геосинклиналях. — Сов. геология, 1954, № 41.
Обручев В. А. Избранные работы по географии Азии, т. 2. Неотектоника и рельеф. М., Географгиз, 1951.
Пославская О. Ю. Опыт выявления современных тектонических движений по геоморфологическим признакам. — Труды Средне-Азиатск. унив., 1952, вып. 31.
Саваренский Е. Ф. и Кирнос Д. П. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. Изд. 2. М.—Л., Изд. Гос. техн.-теорет. лит., 1949.
Спиридонов А. И. Геоморфологическое картирование. М., Географгиз, 1952.
Труды Советской секции Международной ассоциации по изучению четвертичного периода. (Доклады на первом пленуме комиссии по эпейрогеническим движениям). Вып. 4. М.—Л., Изд. Акад. наук СССР, 1939.
Шульц С. С. Опыт генетической классификации речных террас. — Изв. Всес. геогр. общ., 1940, **72**, вып. 6.
Хаин В. Е. Геотектонические основы поисков нефти. Баку, Азнефтеиздат, 1954.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОМЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ И СЪЕМКЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

При съемке и изучении четвертичных отложений аэрометоды могут быть использованы очень широко. Вследствие того, что четвертичные отложения залегают непосредственно на земной поверхности и слагают разнообразные крупные и мелкие формы рельефа, почти все генетические типы их обладают характерными очертаниями. Поэтому при полевых исследованиях обычно удается легко различать основные типы четвертичных отложений по формам рельефа. Особенно отчетливо они различимы на аэрофотоснимках благодаря характерным дешифровочным признакам.

Характерно, что контуры четвертичных отложений различных генетических типов, выраженные на аэрофотоснимках, дают возможность судить о динамике рельефообразующих процессов, о их направленности. Иногда можно по аэрофотоснимкам определить не только генезис форм и типов рельефа, но также и состав слагающих их отложений.

Аэрометоды позволяют с предельной точностью отображать на картах все многообразие контуров, свойственных четвертичным отложениям разных генетических типов, что делает эти методы особенно эффективными.

Метод картирования четвертичных отложений с применением аэрофотоснимков, по существу, является геоморфологическим.

Применение аэрофотоснимков при картировании четвертичных отложений позволяет рационально использовать сеть наземных маршрутов.

Однако это не означает, что можно резко сократить или почти полностью отказаться от производства наземных наблюдений и горных работ.

Во время подготовки к полевым работам геолог должен отобрать среди аэрофотоснимков наиболее выразительные контактные отпечатки, могущие характеризовать разные генетические типы четвертичных отложений. Затем в поле на этих аэроснимках, являющихся эталонными, при наземных маршрутах детально отрабатываются дешифровочные признаки для всех типов отложений и форм рельефа. Дешифрирование сопровождается особо тщательными наземными исследованиями, в частности горными работами, детальным описанием разрезов, отбором образцов, сбором палеонтологических остатков и т. п.

Существует ряд методических руководств (см. список литературы), в которых достаточно подробно излагаются общие задачи аэрометодов в геологической службе, дается характеристика летно-съемочного процесса и материалов аэрофотосъемки, детально описываются общие приемы и методы геологического и геоморфологического дешифрирования, аэровизуальные наблюдения, приводятся рекомендации об организации и последовательности работ с применением аэрометодов. Всем, кто незнаком с применением аэрометодов, необходимо изучить методические руководства, особенно работы М. Н. Петрусевича (1954) и В. В. Шаркова (1955), материалы которых использованы нами при составлении настоящего краткого пособия.

Ниже кратко характеризуются дешифровочные признаки основных генетических типов четвертичных отложений.

Элювиальные образования

Элювиальные образования обычно развиты на плоских или пологих водоразделах и не обладают значительной мощностью. Выходы элювия часто совпадают с выходами коренных пород, в результате выветривания которых он образовался. Часто покров элювиальных образований бывает сплошным, однако на аэрофотоснимках геологические структуры «просвечивают» сквозь этот покров. Это объясняется тем, что состав, а иногда и окраска элювия находятся в прямой зависимости от состава и цвета коренных пород. Поэтому можно судить о структурах по контурам элювия разного цвета и состава.

В зависимости от степени твердости коренных пород, а также от физико-географической обстановки, влияющей на характер выветривания, элювий образует крупноглыбовые развалы, либо щебенчатые, песчаные или глинистые покровные образования. Поэтому разные типы элювия дешифрируются на аэрофотоснимках на основании прямых (например, глыбовые россыпи) и косвенных признаков — по изменению характера растительного покрова, чутко реагирующего на изменение химического состава почв, который, в свою очередь, зависит от состава элювия.

Хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках и различаются при аэровизуальных наблюдениях некоторые типы почв в Арктике, а также в степях и полупустынях, особенно каштановые почвы и солончаки, вследствие своеобразной пятнистости, обусловленной микрорельефом и растительностью.

Гравитационные и делювиальные образования

Гравитационные образования — обвалы и осыпи — особенно широко распространены в горах. Так как они лишены растительности, то обычно образуют на аэрофотоснимках отчетливые контуры. На снимках обвалов хорошо видна резко выраженная линия срыва и бугристая поверхность

завала. Активные осыпи у подножия склонов образуют фестончатые контуры. Так же хорошо дешифрируются оползни, заметные даже в начальных стадиях образования благодаря наличию трещин.

В горах часто наблюдаются крупнообломочные подвижные образования, известные под названием курумов и каменных рек. Обычно каменные реки и курумы ясно видны на аэрофотоснимках, так как они не зарастают лесом и травой и поэтому резко выделяются среди задернованных склонов.

Солифлюкционный горный коллювий, состоящий из щебня, песка и глины, в условиях субполярного климата образует на склонах натечные, наплавные микро- и мезоформы — солифлюкционные террасы и валы, обладающие характерными дешифровочными признаками. Особенно выделяются полосчатые грунты, развивающиеся на солифлюкционных склонах и поверхностях нагорных террас.

Делювиальные отложения образуются обычно в таких районах, где местность имеет более или менее значительные уклоны. Интенсивность делювиальных процессов в значительной степени определяется климатическими условиями, а также литологией пород и густотой растительного покрова. При изучении и картировании делювиальных отложений по аэрофотоснимкам необходимо иметь точные данные о гипсометрии и морфологии местности, что дает возможность определить форму склона и составить его поперечный профиль. Обычно на аэрофотоснимках делювиальные, а также некоторые типы гравитационных образований выражены отчетливой полосчатостью, ориентированной в направлении наибольшего уклона, т. е. поперек горизонталей. Если делювий не закрыт сомкнутой дерниной, а в вышележащей зоне смыва отражает зачаточные, мельчайшие ложбинки стока, переходящие в делли, полоса хорошо отражает динамику делювиального и гравитационного процессов (фиг. 71).

Пролювиальные отложения, характерные для аридных зон, образуют типичные пролювиальные шлейфы в местах выходов речных долин на предгорные равнины. На аэрофотоснимках они выражены веерообразными конусами, иногда весьма крупных размеров, поверхность которых изрезана многочисленными сухими ветвистыми руслами.

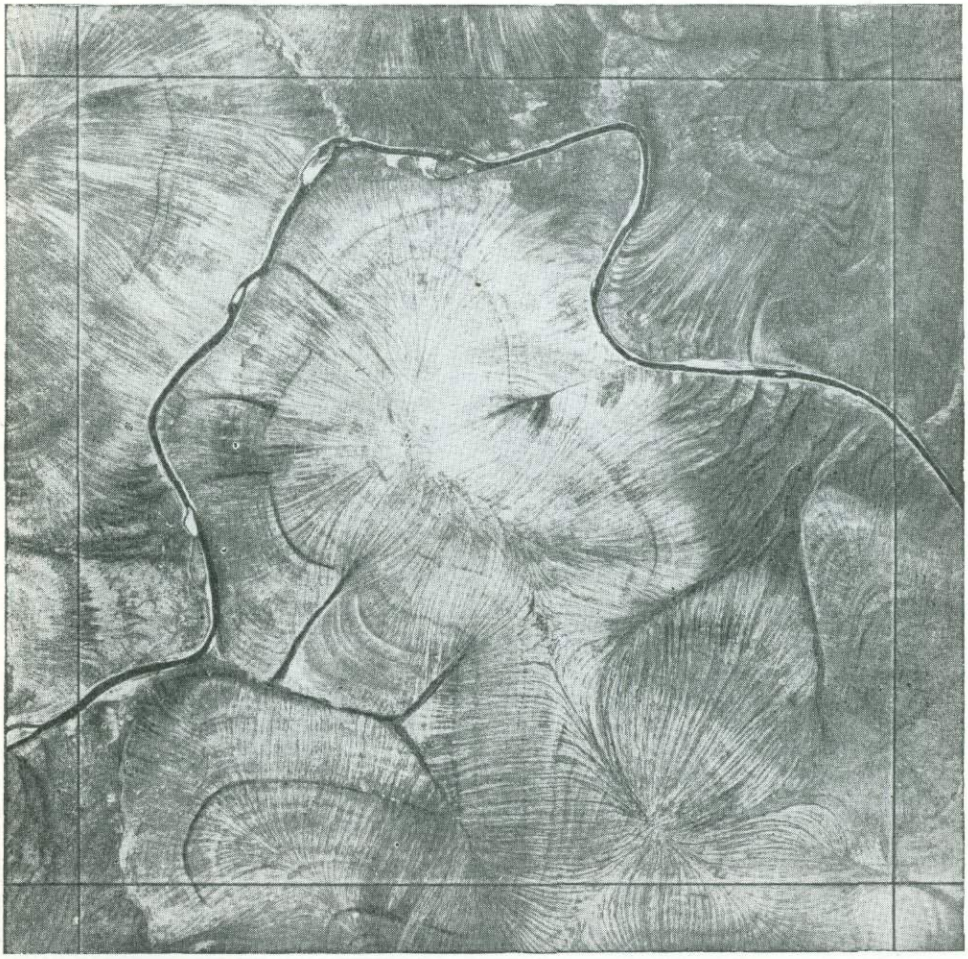
Аллювиальные отложения, приуроченные к долинам, дешифрируются по ряду признаков: наличию комплекса террас, разграниченных уступами и склонами, наличию характерных элементов руслового рельефа — вееров блуждания, прирусловых валов и грив, разделенных многочисленными озерами (старицами), кос и отмелей. Все эти формы обладают весьма типичными дешифровочными признаками и могут, в зависимости от масштаба аэрофотоснимков, картироваться с любой детальностью, допустимой для масштаба съемки. При помощи аэрофотоснимков очень часто удается отграничивать пойменные и первую надпойменную террасы. Более высокие террасы дешифрируются по отсутствию свежих морфологических элементов пойменного рельефа, характеру растительности и специфическому характеру распределения болот (фиг. 72).

Ледниковые отложения и формы рельефа в областях, подвергавшихся покровному оледенению, образуют пояса разнообразных краевых ледниковых форм рельефа, в пределах которых наблюдается известная зональность. На аэрофотоснимках хорошо дешифрируются валообразные конечноморенные гряды, примыкающие к ним с внешней стороны полого наклонные зандровые равнины, расчлененные современной речной сетью, и расположенные с внутренней стороны конечных морен комплексы холмистого моренного рельефа с многочисленными озерами и заболоченными впадинами (фиг. 73). В областях преобладающего ледникового выпахивания, например в Карелии, обширные площади заняты характерным друмлинным рельефом, обладающим определенной, строго выдержанной

ориентировкой. В этих же районах на аэрофотоснимках крупного масштаба выделяются курчавые скалы и бараньи лбы.

В районах горного оледенения, кроме конечноморенных комплексов, нередко перегораживающих долины, наблюдаются боковые и срединные морены.

В горах особенно резко выделяются формы ледниковой экзарации — кары, ригели, ледниковые озера, троги и нивальные ниши. Все они



Фиг. 71. Склоны и водоразделы в области развития делювиальных и солифлюкционных процессов. Видна система мелких ложбин стока, ориентированных в направлении падения склонов

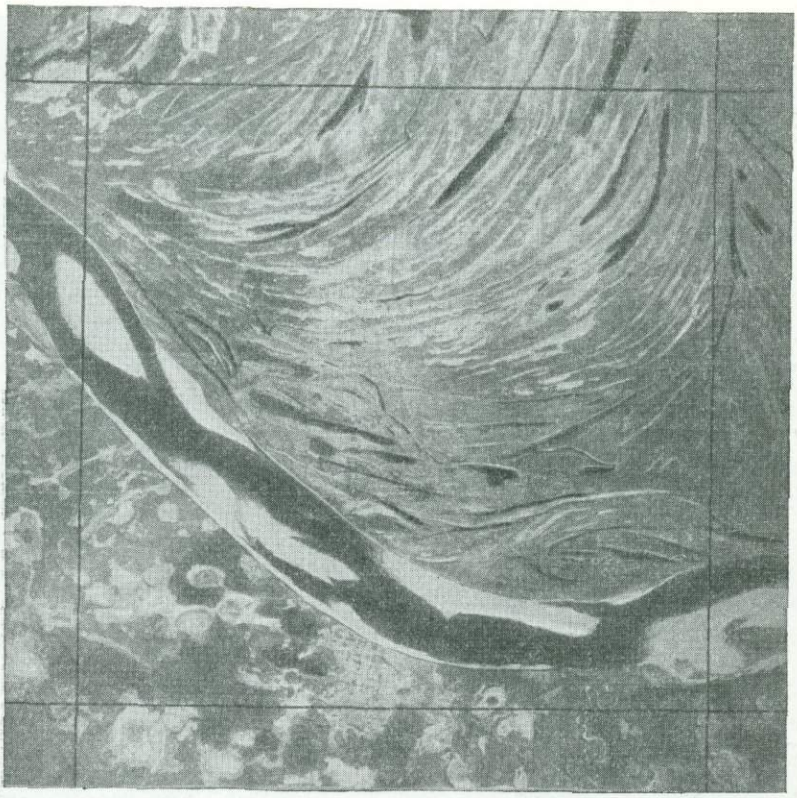
обладают характерными дешифровочными признаками и получают ясное отражение на аэрофотоснимках.

Нередко к этим отрицательным формам рельефа приурочены современные ледники и крупные снежники.

К водно-ледниковым отложениям относятся озы, получающиеся на аэрофотоснимках в виде узких гряд, иногда прерывающихся, часто обладающих четкими очертаниями в плане. Вдоль них наблюдаются параллельные ложбины и цепочки озер.

Характерным признаком камового рельефа является наличие многочисленных холмов, куполовидных и плосковершинных, чередующихся с *бессточными котловинами, иногда занятыми озерами. Местами камы* переходят в камовые террасы, на плоской поверхности которых изредка встречаются глубокие бессточные впадины (котлы).

В областях развития ледниковых и зандровых отложений иногда наблюдаются довольно глубокие ложбины, представляющие собой древние



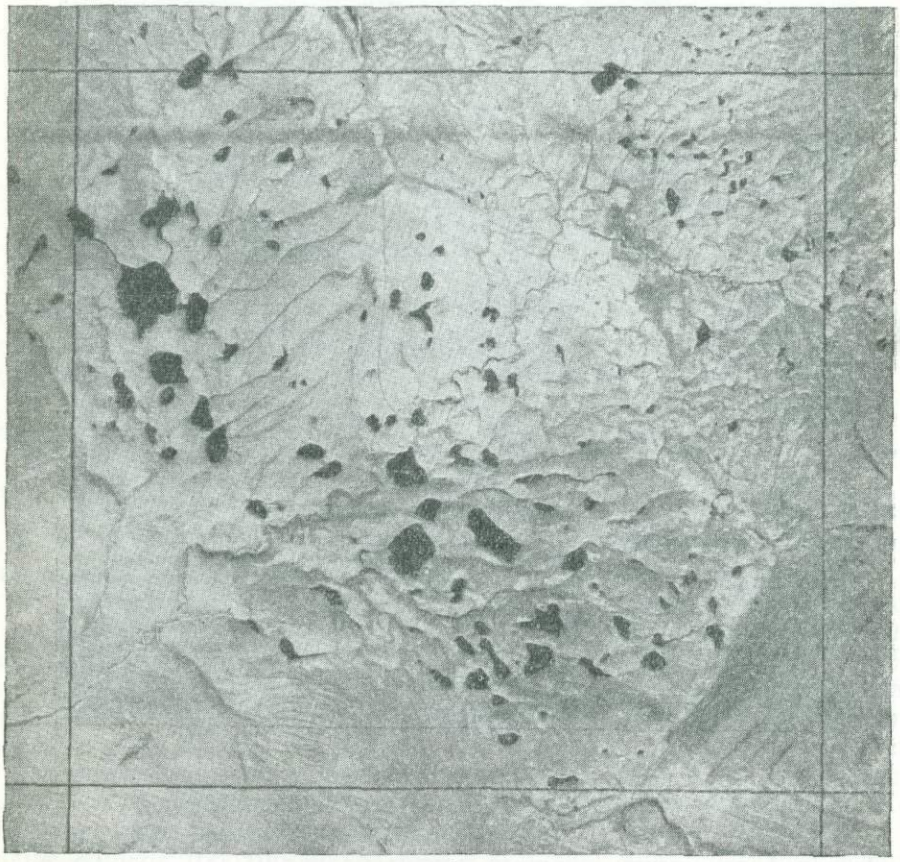
Фиг. 72. Веера блуждания на поверхности пойменной террасы. Внизу поверхность надпойменной террасы, покрытой аласами. В русле видны косы и отмели

каналы стока талых ледниковых вод. Эти эрозионные формы хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках по наличию на их дне цепочек вытянутых озер, иногда террас, но при одновременном отсутствии русловых элементов мезорельефа.

Озерно-ледниковые и озерные отложения и формы рельефа дешифрируются прежде всего по границам древних и современных бассейнов, вдоль которых наблюдаются террасовые уступы, береговые отмели, косы, валы и дюны. *Области развития озерно-ледниковых и озерных осадков, в том* числе спущенных озер, называемых на севере хасыреями, обычно представляют ровные, заболоченные, слабо расчлененные поверхности.

Морские отложения и формы рельефа, распространенные вдоль древ*них и современных побережий морей, большей частью представляют со*бой слабо наклоненные аккумулятивные и абразионные равнины, ступенчато понижающиеся в сторону берега моря. Хорошо дешифрируются оба основных типа берегов — абразионный и аккумулятивный. В первом слу-

чае отчетливо дешифрируются абразионные уступы, останцы, а иногда даже уступ подводной абразионной террасы. Во втором случае хорошо дешифрируются разнообразные аккумулятивные элементы рельефа—морские террасы, крупные косы (пересыпи), береговые валы с разделяющими их заболоченными понижениями, прибрежные дюны, лайды, затопляемые в период нагона воды и т. п.



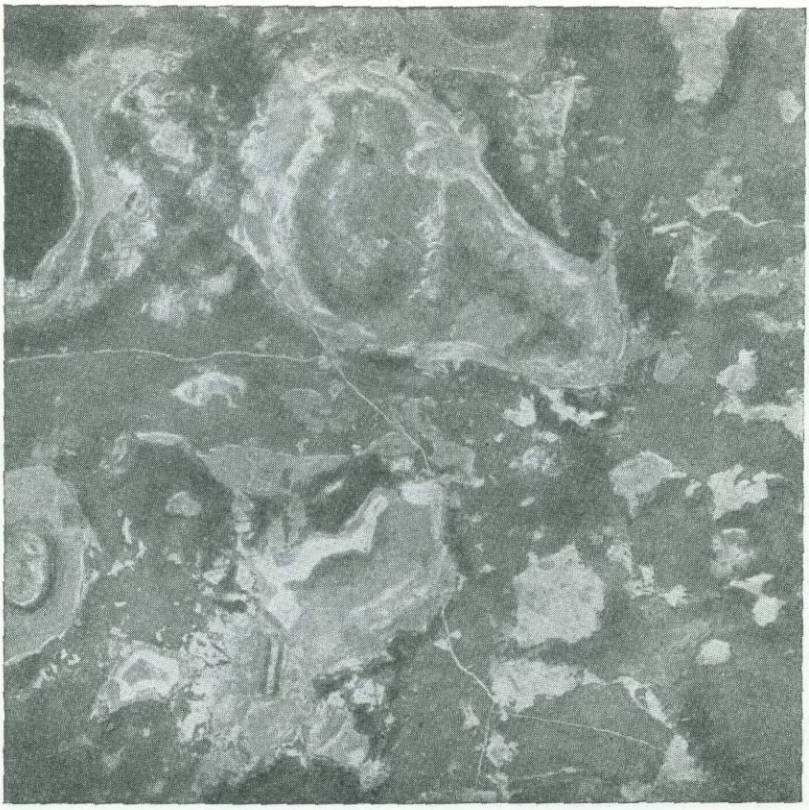
Фиг. 73. Типичный рельеф ледниковых отложений. Темные пятна — озера. Справа — склон лавового плато

Эоловые отложения и формы хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках в тех случаях, когда они покрыты лесной растительностью (так называемые материковые дюны). Легко различимы следующие типы эолового рельефа: грядовые и бугристые ячеисто-грядовые пески, барханы, параболические дюны, а также крупные котловины выдувания.

Из карстовых форм четко выделяются на аэрофотоснимках все формы открытого карста, относительно хуже дешифрируются формы закрытого карста, особенно в местах, покрытых лесом.

Формы морозно-мерзлотного происхождения распространены в безлесных пространствах тундры и поэтому, несмотря на относительно небольшие размеры, хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках. Сюда относятся большие трещинные полигоны, выделяющиеся в виде сетки темных линий. Крупные мерзлотные бугры — гидролакколиты (булгунняхи), обычно расположенные одиночно или небольшими группами в озерных

котловинах и дельтах рек, отмечаются темными кружками. Крупнобугристые торфяники выражены на снимках в виде белых точек. При широком развитии их трудно отличить от холмисто-моренного рельефа, получающего на снимках такое же отражение.



Фиг. 74. Поверхность надпойменной террасы, затронутая термокарстовыми процессами. Большие светлые пятна — аласы

На аэрофотоснимках крупного масштаба (1 : 10 000) хорошо видны структурные грунты (ячеистые и полосчатые формы). На аэрофотоснимках масштаба 1 : 25 000 выделяются нагорные террасы. Отлично видны на аэрофотоснимках термокарстовые формы рельефа, обычно заполненные водой (фиг. 74).

Литература

Гавеман А. В. Аэросъемка и исследование природных ресурсов. М.—Л., Изд. Акад. наук СССР, 1937.

Краснов И. И. Применение аэрометодов при геологической съемке. В кн.: «Методическое руководство по геологической съемке и поискам». М., Госгеолтехиздат, 1954.

Методическое руководство по изучению и съемке четвертичных отложений. Ч. 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Мирошниченко В. П. Аэрогеосъемка. Применение аэрофотосъемки для геологических исследований. М., Госгеолиздат, 1946.

Овечкин Н. К. Самолет на службу геологии. М., Госгеолиздат, 1947.

Петрусевич М. Н. Геолого-съемочные и поисковые работы на основе аэрометодов. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Smith H. T. V. Aerial photographs and their applications. New York, 1943.

Часть III

ПОИСКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

НЕРУДНЫЕ И РУДНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Четвертичным образованиям подчинено значительное количество месторождений карбонатных пород, валунов, гравия, песка и глин (суглинков), которые находят широкое применение как строительный материал.

С отложениями четвертичной системы связаны месторождения торфа, сапропеля, различных солей и, наконец, железных руд.

Различные виды полезных ископаемых четвертичного возраста обычно связаны с определенными генетическими типами четвертичных отложений.

Таким образом, результат геологической съемки четвертичных отложений в ряде случаев может служить достаточным основанием для направления поисковых работ на те или иные полезные ископаемые.

В зависимости от литологического состава четвертичных отложений в различных районах СССР обычно преобладает один из видов полезных ископаемых. Например, в Приуралье, Предкавказье, Прикарпатье и Приднестровье распространены галечники среди отложений древних и современных долин. В равнинной части СССР, к юго-востоку от зоны конечных морен вюрмского времени, значительным развитием пользуются пески. В северо-западной части СССР крупные месторождения балластного материала приурочены к моренным и грубым флювиогляциальным образованиям (озы, камы, друмлины, зандры).

Промышленное применение того или иного вида полезного ископаемого, находящегося в четвертичных отложениях, определяется государственными общесоюзными стандартами, а чаще всего — временными техническими требованиями, предъявляемыми различными строительными организациями к песку, гравию, щебню, суглинкам и пр. Кроме того, практическая возможность разработки нерудных полезных ископаемых определяется наличием благоприятных горно-технических и экономических условий.

Нерудные ископаемые

Среди четвертичных отложений значительное место занимают гравий, галечник и валуны.

К гравию обычно относят материал с размером частиц от 1—2 до 10 мм в диаметре. Окатанные куски пород, с диаметром 10—100 мм, называют галькой, а более 100 мм — валунами.

Несмотря на кажущееся внешнее однообразие песка и гравия, они образуют большое количество разновидностей, связанных постепенными переходами, но в типичном развитии имеющих ясно выраженные особен-

ности и, соответственно, различные области применения в промышленности. Валуны, гальки, гравий употребляются обычно как материал, подвергающийся механическому воздействию или играющий пассивную роль наполнителей.

Для нужд строительства чаще всего употребляется материал с размерами частиц от 5 до 80 мм, а иногда и от 2 до 80—120 мм.

При оценке этого рода строительного материала определяется механический состав в процентах для определенного объема породы и, в пределах каждой фракции, петрографический состав. Последнее необходимо для определения количества выветрелых, нестойких пород.

В месторождениях гравий, галечник и валуны обычно почти не отсортированы, залегают совместно с песком и глиной.

При эксплуатации месторождений указанного сырья применяется разделение их грохочением, а иногда промывкой.

По генетическим признакам месторождения гравия разделяются на следующие типы:

I. Морской и озерный (прибрежные фации).

II. Аллювиальный (современный и древний аллювий).

III. Ледниковый с подтипами: 1) моренный (основные морены, конечные морены, друмлины); 2) флювиогляциальный, в который входят: а) отложения краевой зоны ледникового покрова, озы, камы; б) зандровые покровы, подморенные, надморенные и межледниковые образования; в) отложения древних ложбин стока и высоких террас.

Практическое значение имеют месторождения, сложенные аллювиальными и флювиогляциальными отложениями.

Наибольший практический интерес для промышленности представляют залежи песчано-гравийного материала, приуроченные к аллювиальным отложениям, которые обычно протягиваются на значительные расстояния в направлении потока, но имеют ограниченную ширину. Аналогичную форму залегания имеют песчано-гравийные отложения, образовавшиеся в древних ложбинах стока ледниковых вод и частично на побережьях морей и больших озер.

Заслуживают интереса месторождения зандрового типа, характеризующиеся значительным площадным распространением.

Некоторые месторождения приурочены к озам, камам и друмлинам.

Для лучшего использования валунов, галечников и гравия в строительной практике они должны отвечать определенным условиям.

Следует применять валуны, галечники и гравий из прочных и морозостойких пород.

Для бутовой кладки допускается использование валунов размером от 0,01 до 0,04 м^3, для мощения дорог — от 10 до 30 см в поперечнике.

Щебень, естественный и полученный путем дробления, используется в качестве добавки к бетонным смесям и для дорожного строительства. Не допускается наличие осколков карбонатных пород и сернистых соединений.

В зависимости от назначения величина щебня должна достигать 4—6,5 см в поперечнике.

Галечник и гравий используются в дорожном строительстве как железнодорожный балласт и как добавка в бетонные, цементные и другие смеси. Содержание зерен мягких пород допускается в пределах 3%, примесь глины, пыли и песка — до 5%.

Пески. Среди четвертичных отложений широко распространены пески самого разнообразного механического и минералогического состава.

Пески четвертичных отложений редко бывают хорошо отсортированы и обычно залегают совместно с гравием и галечником, содержат линзы и прослои глин. Для отделения песка от гравийной массы применяется просев.

В промышленности пески четвертичных отложений применяются в качестве строительных и балластных материалов; в незначительном числе случаев они используются как стекольные и формовочные материалы.

Месторождения песков по генетическим признакам подразделяются на следующие типы:

1) современные морские и озерные отложения — береговые скаты, пляжи, косые береговые валы, террасы;

2) современные и древние аллювиальные отложения;

3) ледниковые отложения (краевой зоны и периферии ледника);

4) эоловые отложения;

5) элювиальные отложения (например, оподзоленные кварцевые пески, употребляемые в стекольной промышленности).

Практическое применение для строительных целей в основном имеют, кроме коренных, аллювиальные и флювиогляциальные залежи песков.

К пескам, имеющим промышленное применение, предъявляются следующие требования.

Балластные пески могут иметь различную величину зерен, преимущество отдается крупнозернистым, остроугольным. Допустимая примесь пыли и глины не более 5—10%.

Пески для силикатного кирпича должны состоять не менее чем на 90% из кварцевых зерен, содержать не более 5% железа, 2,5% окислов кальция и натрия, не должны содержать гипса. Допустимый размер зерен — от 0,2 до 0,5 мм, с наличием всех промежуточных фракций. Иловатых частиц не более 8%.

Для отощения кирпичных глин может применяться песок кварцевый, полевошпатовый, гранитовый, но не известковистый, с размером зерен 0,5—3,0 мм. Почти такой же песок употребляется для известковистых растворов. Пески для асфальта должны состоять из крупных зерен (до гравия) прочных пород. Примесь глины в таких песках не должна превышать 3%, органического вещества — не более 0,5%.

Фильтровые пески, служащие для очистки воды, должны состоять более чем на 90% из крупных кварцевых зерен.

К стекольным и формовочным пескам предъявляются более высокие и сложные требования. Прежде всего предусматривается их хорошая сортировка. В четвертичных отложениях крупных месторождений песков этого типа обычно не встречается. Поэтому их промышленная характеристика здесь не приводится.

Отрицательной стороной русловых месторождений песков является их ежегодное перемещение, в связи с чем их запасы утверждаются только по низким категориям (C_2).

Суглинки и глины. Наиболее широкое применение в качестве кирпичного и черепичного сырья, а также для производства керамических блоков находят следующие породы, подчиненные отложениям четвертичной системы:

1) покровные безвалунные суглинки;

2) ленточные глины озерно-гляциального происхождения;

3) древнеаллювиальные глины и суглинки, лёссовидные суглинки;

4) глины четвертичных морских трансгрессий.

Моренные глины и суглинки обычно засорены грубообломочным материалом и часто не обладают необходимыми керамическими свойствами.

Требованиями промышленности предусматривается, что кирпичные глины не должны содержать примесей щебня и гальки, крупных известковых включений, гипса, растительных остатков, водорастворимых солей. Известь в мелкодисперсном состоянии не вредна для производства кирпича. Водорастворимые соли, присутствующие в кирпичных глинах до известного предела, также не вредны.

Четвертичные суглинки часто применяются в качестве глинистой добавки при производстве портланд-цемента.

Карбонатные породы (гажа, известковый туф). Озерно-болотным четвертичным отложениям подчинены слои гажи, или лугового мергеля. Это светлая карбонатная порода, тестообразная в сыром состоянии и рыхлая, белая в сухом. Образуется она в болотах и озерах в результате выпадения из раствора $CaCO_3$. Мощность гажи достигает 5 м. Употребляется она для выжига извести и как карбонатный компонент при производстве портланд-цемента [1].

Другой известковистой породой четвертичного возраста, имеющей промышленное применение, являются известковые туфы (травертины). Они представляют собой натечные скопления углекислого кальция, образовавшиеся путем отложения его из источников. Обычно преобладают очень плотные, часто почти кристаллические известковые туфы серовато-коричневато-белого цвета, с многочисленными пустотками.

По высокому содержанию $CaCO_3$ четвертичные известковые туфы не уступают чистым известнякам других геологических периодов. Мощность их, например в районе Пятигорья (Кавказ), достигает 60 м. Известковые туфы можно употреблять для известкования почв, как мостовой и строительный камень, для обжига извести, в сахарной и цементной промышленности, в химической промышленности — как основной карбонатный компонент для получения карбида кальция.

Чистый белый, желтый и зеленоватый полосатый известковый туф, называемый оникс-мрамором, служит материалом для скульптурных работ.

Торф, сапропель, диатомит. Торф широко распространен среди четвертичных отложений; он образуется и в настоящее время, в условиях влажного умеренно холодного климата.

Критерием промышленной ценности залежей торфа является их мощность и площадное распространение. Торфяники мощностью менее 0,5 м обычно не представляют промышленного интереса.

Лучшие топливные сорта торфа имеют зольность, не превышающую 6%, при содержании разложившихся частиц — не ниже 35%. Торф, более слабо разложившийся, оказывается непригодным в качестве топлива, но может применяться для производства изоляционных плит и подстилки.

Близким к торфу образованием является сапропель. В основной массе сапропель состоит из остатков мелких растительных и животных организмов.

Сапропель представляет собой коричневую студенистую массу, которая залегает на дне озер, под торфяниками и среди аллювиальных отложений. Некоторое участие в образовании этих отложений на дне водоемов принимают глинистые и песчанистые частицы. Мощность сапропеля обычно измеряется несколькими метрами.

В лабораторных условиях из сапропеля были получены: кокс, светильный газ, генераторный газ, водный аммиак, уксусная кислота, метиловый спирт, бензин, керосин и различные масла. Однако вопрос о практическом применении сапропеля не вышел еще из стадии опытов.

Образцы сапропеля надо сохранять в сыром виде, так как высохший сапропель не размокает, что сильно затрудняет исследования.

Диатомит состоит из кремнистых панцырей диатомей и образуется на дне современных и ископаемых послеледниковых озер.

Месторождения этого типа распространены на Кольском полуострове, в северной части Карело-Финской АССР и в южной части Ленинградской

---

[1] В Закавказье гажей называют рыхлую породу, состоящую из гипса, глины и песка. В обожженном виде ее употребляют в качестве вяжущего вещества. В республиках Средней Азии ее называют ганчем.

области. Местами диатомит подстилает торф или сапропель. В СССР пока не обнаружено крупных залежей диатомита среди четвертичных отложений.

В промышленности диатомит применяется для изготовления термоизоляционных кирпичей, бетона и в качестве отбеливающих земель в нефтяной промышленности.

Минеральные самосадочные соли. Различают два типа современных соляных озер: морские и континентальные. Морские озера образуются на побережье моря в результате понижения его уровня и отшнуровывания прибрежной части. Континентальные соляные озера расположены далеко от побережий морей, в равнинных областях, где они занимают пологие впадины. Питание морских озер происходит за счет морской воды, попадающей в них во время прибоя, питание континентальных озер — вследствие сноса поверхностными и подземными водами солей, содержащихся в горных породах.

Образование соляных озер находится в прямой зависимости от климата: накопление соли в озерах происходит только в условиях жаркого и сухого климата.

В современных континентальных озерах концентрируются сульфаты кальция (гипс), хлористый натрий (поваренная соль), сульфаты натрия (мирабилит, тенардит), карбонаты натрия (карбонаты щелочей).

В озерах, связанных с морскими бассейнами, происходит садка галита, карналлита и других солей.

Прямыми поисковыми признаками соляных озер служат химический состав воды, выходы соляных источников в районе озера и обнажение солей у берегов. Косвенными поисковыми признаками современных подпесочных соляных залежей служат соляные выцветы, карст, отсутствие растительности или наличие растительности, приспособившейся к засоленным почвам (полынь, солянка). На песчаной ровной поверхности, расположенной над такой подпесочной соляной залежью, часто наблюдаются выцветы и налеты соли и карст.

Поиски современных соляных месторождений ведутся при помощи маршрутных и площадных исследований, геологического картирования (с проходкой выработок), наблюдений с самолета и аэрофотосъемки.

При разведке озерных месторождений самосадочной соли необходимо учитывать форму залежи (пластовая или линзообразная) и смену в вертикальном разрезе солей различного состава.

Оценка галургического (соленосного) сырья производится по определенным стандартам и в соответствии с техническими требованиями, однако только на поваренную соль имеется ГОСТ (153-41). На остальные виды сырья имеются временные технические условия и нормы.

Для характеристики месторождений каменных материалов, гравия, песка, глины и других полезных ископаемых, встречающихся среди четвертичных отложений, производится специальное их изучение и составляются ведомости этих месторождений.

Приводим примерную форму описания месторождений природных минеральных строительных материалов и других полезных ископаемых.

№ п/п	Наименование ископаемого и его краткая характеристика	Местоположение, квадрат, карты, масштаб	Запасы (в м³) или средняя мощность продуктивного пласта (в м); площадь распространения (в км²)	Глубина залегания или мощности вскрытия (в м)	Степень обводненности (необходимость в водоотливе)	Характер подъезда (удаленность от дороги)	Возможный способ разработки (открытый и т. д.)	Разрабатывается или нет	Прочие сведения

В этой таблице для камня указывается его структура, выветрелость, трещиноватость, минеральный и химический состав, данные испытаний в лаборатории (предел прочности при сжатии в кг/см^2, морозостойкость, объемный вес и т. п.). Для гравия, песка, глины указывается процентное содержание фракций (гранулометрический состав), минеральный и химический состав и т. п.

Рудные ископаемые

Из рудных полезных ископаемых из четвертичных отложений необходимо упомянуть озерные и болотные железные руды, которые используются как сырье для изготовления красок, а также для выплавки железа.

Скопления озерных железных руд известны в северной и частично в средней полосе Восточно-Европейской равнины.

При поисках болотных руд следует обращать внимание на подножия песчаных массивов (по окраинам камовых областей или в областях развития морских и озерных террас, зандровых полей) и на окраины болот.

Признаком присутствия озерных руд является наличие в русле рек или в намывных участках пляжей значительного количества железистых конкреций.

Литература

Боч С. Г. и др. Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений. М.—Л., Госгеолиздат, 1940.

Иванов А. А. Основы геологии и методика поисков, разведки и оценки месторождений минеральных солей. М., Госгеолиздат, 1953.

Комитет по делам геологии при СНК СССР. Инструкция по применению классификации запасов твердых полезных ископаемых, вып. 4. М.—Л., Госгеолиздат, 1942.

Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Ч. 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Министерство геологии и охраны недр СССР. 1. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям кварцевых песков для стекольного производства. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Министерство геологии и охраны недр СССР. 2. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям формовочных песков. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Сукачев В. Н., Барышников И. А. и Бородина Т. П. Сапропель и его значение в сельском хозяйстве. М., Изд. Акад. наук СССР, 1943.

Татаринов И. М., Малявкин С. Ф. и Гейслер А. Н. Курс нерудных месторождений, ч. 2. М.—Л., ОНТИ, 1935.

РОССЫПНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Преобладающее большинство россыпных месторождений полезных ископаемых связано с отложениями четвертичной системы. Россыпи некоторых минералов имеют исключительно важное экономическое значение. Достаточно сказать, что более половины мировой добычи олова, платины (и минералов ее группы), алмазов, значительной доли золота производится из россыпей. Используются в последнее время россыпи монацита, титансодержащих минералов — ильменита, титаномагнетита, рутила, а также вольфрамита, шеелита, корунда, горного хрусталя.

Из сказанного становится очевидным, что при проведении геологической съемки следует, наряду с поисками коренных месторождений полезных ископаемых, уделять постоянное внимание выявлению россыпей. Во многих случаях их изучение является ключом к открытию коренных месторождений. В этой связи внимания геолога-съемщика заслуживают не

только богатые россыпи, но и россыпи с бедным или даже убогим содержанием полезного ископаемого.

Задача поисков россыпных месторождений может быть успешно решена лишь при условии всестороннего изучения геоморфологического строения территории, а также геологии рыхлого и, в первую очередь, четвертичного покрова. На этой основе можно делать прогнозы о возможном пространственном и стратиграфическом положении отложений, вмещающих россыпи. Их выявление, таким образом, не требует применения каких-то специальных методов, не свойственных комплексу работ, выполняемых при геологической съемке. Здесь мы остановимся на самых необходимых положениях, общих для всех россыпных полезных ископаемых.

Совершенно очевидно, что для образования россыпей в качестве обязательного условия требуется наличие полезного ископаемого в составе коренных изверженных или осадочных отложений. При этом не обязательно высокое содержание полезного ископаемого в коренных или промежуточных источниках. Многие богатые россыпи сформировались из весьма бедных коренных месторождений, за длительный период геологического развития, в процессе многократных этапов естественного обогащения. Большее значение имеют общие запасы полезного ископаемого и доступность вмещающих его отложений для экзогенных процессов.

Кроме изверженных пород, источником россыпных минералов могут быть и грубообломочные толщи осадочного происхождения — конгломераты, гравелиты, крупнозернистые песчаники. В этом случае они представляют собой не что иное, как древние диагенезированные россыпи. Наибольшее значение при поисках россыпей имеют базальные конгломераты, хотя внутриформационные их горизонты редко бывают металлоносными.

Во многих районах источниками питания полезными компонентами четвертичных отложений, кроме ископаемых россыпей, являются третичные или верхнемезозойские кластические осадки, чаще всего галечники — аллювиального, озерного, реже прибрежно-морского и флювиогляциального происхождения.

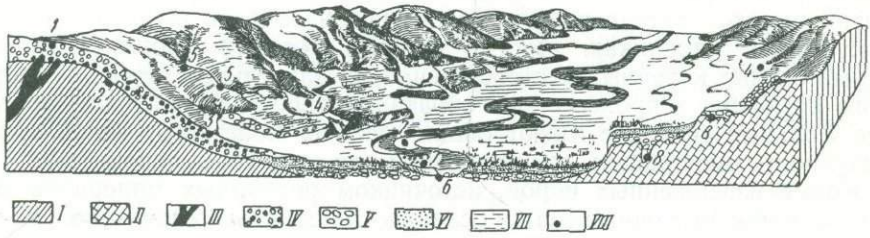
Важное значение для формирования россыпей имели эпохи образования древней коры выветривания, в течение которых происходила дезинтеграция огромных масс горных пород и высвобождение из них всех стойких против выветривания компонентов, в том числе и многих полезных ископаемых. Перемыв и переотложение продуктов коры выветривания приводят к особенно высокой концентрации полезных ископаемых в россыпях. Поэтому при полевых исследованиях существенное значение имеет изучение коры выветривания и продуктов ее перемыва.

Не менее важное значение для образования четвертичных россыпей имеет характер геотектонического режима. Россыпные месторождения сосредоточены почти исключительно в тех районах, развитие рельефа которых происходит на фоне относительных поднятий. Напротив, в районах, характеризующихся более или менее устойчивой тенденцией к опусканию, предпосылки для локализации полезных ископаемых в россыпях отсутствуют. Явление это находится в связи с тем, что естественное обогащение, представляющее собой важнейший процесс концентрации минералов тяжелой фракции в рыхлых отложениях, проявляется при условии многократного перемыва и переотложения исходного материала, причем перемыв происходит лишь при последовательном смещении материала на более низкие гипсометрические уровни, что наблюдается в речных долинах, при следующих одно за другим врезаниях речного русла.

Следовательно, районы общих тектонических поднятий третичного и четвертичного периодов являются теми объектами, на которых, при наличии других предпосылок, должно быть в первую очередь сосредоточено внимание геолога-съемщика при поисках россыпей.

В практике россыпного дела давно уже известно, что в пределах областей поднятия весьма благоприятны для образования россыпей районы интенсивного проявления эрозионной деятельности, возникающие в пограничных участках между крупными ступенями рельефа. Такие же условия имеются и на склонах крупных депрессий. Природа ярусности рельефа или происхождения депрессий при этом значения не имеет, важно наличие условий, способствующих заложению разветвленной гидрографической сети и энергичной эрозии рек. Нужно, однако, чтобы наряду с эрозионными процессами имела место и аккумуляция.

Подобная же приуроченность россыпей к уступам и переходам между поверхностями с различными гипсометрическими уровнями свойственна и более мелким формам рельефа. Так, часто россыпи ложкового типа образуются по краям широких террасовых площадей или междуречных равнин.



Фиг. 75. Расположение некоторых типов россыпей в речной долине:

I — сланец; *II* — известняк; *III* — рудоносная жила; *IV* — глыбы и щебень; *V* — галечник; *VI* — песок; *VII* — суглинок; *VIII* — оптимальные места для опробования на россыпи в отложениях: *1* — элювиальных; *2* — делювиальных, вблизи от коренного источника полезного ископаемого; *3* — делювиальных, в удалении от коренного источника; *4* — пролювиальных; *5* — делювиально-аллювиальных (ложковых); *6* — аллювиальных русловых; *7* — аллювиальных — косовых; *8* — аллювиальных — террасовых

Одной из важных, с точки зрения образования россыпей, особенностей суши является преобладание процессов выветривания и денудации. Это служит причиной одностороннего сноса продуктов разрушения горных пород в направлении от возвышенных участков суши в морские бассейны или в крупные внутриконтинентальные понижения. Часть вещества при этом задерживается на отдельных этапах миграции, давая начало различным генетическим типам осадочных континентальных отложений.

Е. В. Шанцер различает несколько главнейших параллельных путей перемещения продуктов выветривания: элювиальный, склоновый, ледниковый, водный, эоловый и прибрежный. На каждом из этих путей денудации задерживается часть мигрирующих продуктов выветривания, а вместе с ними локализуется часть полезных компонентов, входящих в россыпи. В соответствии с этим среди россыпей можно выделить несколько главнейших генетических типов. Так, можно различать россыпи элювиальные, делювиальные, аллювиальные, ледниковые, прибрежно-морские и россыпи, образовавшиеся под влиянием эолового фактора.

Связь некоторых россыпей с определенными типами отложений и их положение в рельефе показаны на фиг. 75.

Из перечисленных типов россыпей наибольшее промышленное значение имеют аллювиальные и прибрежно-морские. Иногда практически ценными являются делювиальные россыпи горного хрусталя или элювиальные россыпи алмазов.

Основным способом выявления большинства россыпных полезных ископаемых является шлиховое опробование (см. раздел «Шлиховой метод»). При помощи его можно установить присутствие золота, платины, касситерита и других минералов тяжелой фракции. Поиски ал-

мазов, вследствие их значительной редкости и малого содержания, можно вести лишь при больших объемах опробования и при наличии специальной обогатительной аппаратуры. Шлиховой метод в этом случае имеет лишь подсобное значение, указывая на присутствие в отложениях сопутствующей алмазам ассоциации минералов.

Обычными спутниками алмазов в россыпях являются минералы ультраосновных пород: хромит, пикотит, платина. В некоторых районах такое же значение имеет пироп, хромдиопсид, перовскит и др. минералы кимберлитов. Пироп, благодаря характерному облику и кроваво-красной окраске, может быть определен, подобно золоту и платине, непосредственно при промывке шлиховых проб.

Рассмотрим некоторые особенности упомянутых типов россыпей, имеющих поисковое значение.

Элювиальные россыпи формируются на более или менее горизонтальных поверхностях, непосредственно на выходе коренного месторождения на дневную поверхность и представляют собой продукт его физического и химического выветривания. Вследствие этого отличиями элювиальной россыпи являются: близость литологического состава к составу материнской породы, практическое отсутствие сортировки, остроугольность обломочного материала и полезного ископаемого, которое, кроме случаев развития древней коры выветривания, не полностью высвобождено из заключающих пород и часто находится с ними в сростках. Содержание полезного ископаемого в россыпных минералах, очень неравномерно. Поэтому сеть закопушек или шурфов, из которых берутся шлиховые пробы, должна быть достаточно густой.

Обнаружение элювиальных россыпей в том случае, когда неизвестно коренное месторождение, — дело трудное. Иногда на ровных поверхностях они связаны с положительными или отрицательными формами микрорельефа, в зависимости от соотношения устойчивости тел, заключающих полезное ископаемое, и вмещающих их пород.

Приступать к поискам элювиальных россыпей (и коренных месторождений) целесообразно лишь в тех районах, где известны другие, легче обнаруживаемые их типы.

Задачей изучения элювиальных россыпей при проведении геологической съемки является ориентировочная оценка их размеров, сбор данных о стратификации россыпи в вертикальном разрезе, о наличии окисленных зон, развитии коры выветривания и предварительная оценка содержания полезного ископаемого.

Делювиальные россыпи. При смещении материала элювиальных месторождений или древних россыпей вниз по склону формируются делювиальные россыпи. К их образованию могут приводить все процессы, протекающие на склонах, — гравитационные, солифлюкционные и собственно делювиальные.

К поискам делювиальных россыпей приступают только в тех участках речных долин, в которых установлено присутствие полезных ископаемых в аллювиальных или ложковых отложениях.

Очертания делювиальной россыпи и распределение в ней полезных ископаемых в сильной степени зависят от формы выхода коренного источника и от крутизны склонов. Когда коренной источник, располагаясь на склоне, имеет гнездообразный характер, питаемая им россыпь получает форму расширяющегося от него шлейфа; если коренной выход связан с жилой, ориентированной поперек склона или под некоторым к нему углом, то россыпь имеет вид более или менее правильного четырехугольника, широкая сторона которого всегда расположена в основании склона. Когда же россыпь питается за счет нескольких или многих источников, или образовалась в результате смещения металлоносного древнего аллювия, кон-

туры ее, естественно, усложняются. Однако и в этом случае расширение россыпи вниз по склону (и тем больше, чем положе склон) сохраняется. На этом свойстве основан и поисковой прием приближенного оконтуривания россыпи и выявления коренного источника полезного ископаемого.

На границе коллювия (делювия, потерявшего подвижность и локализовавшегося у подножья склона) и активного делювия проходят, с интервалом до 50 м, линию мелких закопушек, из которых берут шлиховые пробы. Линии продолжаются в стороны до тех пор, пока опробование не даст отрицательных результатов. Выше по склону, с интервалом, определяемым высотой и протяженностью склона, закладывают вторую линию мелких выработок, параллельную первой. При оконтуривании шлейфа по двум линиям можно экстраполяцией ограничить треугольник, в пределах части которого расположена россыпь и, иногда, коренное месторождение. Некоторые дополнительные соображения о положении коренного источника вытекают и из распределения полезного ископаемого в вертикальном разрезе россыпи. Вблизи коренного источника полезные ископаемые тяготеют к подошве делювия; по мере его движения по склону они приближаются к поверхности. На пологих склонах полезный минерал приближается к поверхности на меньшем расстоянии от источника, чем на крутых склонах.

Аллювиальные россыпи. Массы обломочного материала, содержащие полезные ископаемые, попадают в речную долину в виде делювиального, пролювиального или иного материала. В речном русле эти отложения подвергаются переработке: мелкозем выносится во взвешенном состоянии, обломочный материал сортируется и дифференцируется. В соответствии с этим аллювиальные отложения разделяются на две фации: русловую и пойменную. Продуктивный горизонт россыпей всегда приурочен к осадкам русловой фации, в горных реках обычно выраженным галечником и гравием, с бо́льшим или меньшим содержанием песка и глины. В результате аллювиального переноса все компоненты, принадлежащие к тяжелой фракции, в том числе и полезные ископаемые россыпи, занимают возможно более низкое положение, сосредоточиваясь в сравнительно маломощном продуктивном горизонте, лежащем на коренном ложе, часто называемом «плотик». Таким образом всякая аллювиальная россыпь формируется в речном русле.

Мелкие частицы тяжелых минералов, перемещаемые рекой во взвешенном состоянии, выпадают из потока в местах потери им скорости течения, обычно на о́стровных или береговых отмелях, давая начало так называемым косовым россыпям.

На определенной стадии развития долины на ее днище наряду с русловыми россыпями появляются пойменные, или как их еще называют, долинные, россыпи.

Так как пойма формируется в результате бокового перемещения русла, полезные ископаемые в долинных россыпях распределяются крайне неравномерно — струями, вытянутыми и изгибающимися соответственно форме речных излучин.

В связи с тем, что почти все районы распространения россыпей приурочены к поднимающимся участкам земной коры, гидрографическая сеть этих районов пережила несколько циклов эрозии. На склонах речных долин здесь обычно наблюдается серия надпойменных террас. В аллювии каждой террасы может быть заключена россыпь.

Благодаря свойству всех минералов тяжелой фракции оседать, в процессе аллювиального переноса, в разнообразных углублениях коренного ложа и в других местах, где скорость течения реки испытывает резкое падение, распространение определенных коренных пород является важным поисковым признаком. Из практики поисково-разведочного дела известно,

что известняки, доломиты, а также сланцы и другие породы тонкоплитчатого сложения, особенно в тех случаях, когда реки пересекают их в поперечном к простиранию направлении, являются хорошим плотиком россыпей. В некоторых районах россыпи приурочены исключительно к таким породам и вне поля их развития не дают промышленных концентраций.

Таким же образом влияют на содержание полезных ископаемых в аллювиальных россыпях исполиновые котлы, высверленные в нерастворимых породах, дайки, перегораживающие свободное течение реки, пороги. Иногда участки повышенного выхода минералов тяжелой фракции в руслах совпадают с подмываемыми берегами, где распространены аллювиальные отложения так называемой перлювиальной фации. Роль «ловушек» для тяжелой фракции здесь играют крупные глыбы и валуны.

Наиболее простой и эффективный способ поисков аллювиальных россыпей заключается в шлиховом опробовании русловых и косовых отложений. Присутствие полезного ископаемого устанавливается или непосредственно при промывке пробы, или при последующем минералогическом анализе. Приемы и методы шлихового опробования, в том числе специально при геологической съемке, изложены в ряде руководств и здесь не рассматриваются. Нужно стремиться брать пробы в местах, наиболее оптимальных для концентрации минералов тяжелой фракции. На косах такие места приурочены к головной (верхняя треть косы), наиболее возвышенной над уровнем реки части и к внешней, речной ее стороне. Учитывая, что в косовых россыпях минералы тяжелой фракции не обнаруживают исключительной приуроченности к низам галечной толщи, пробы можно брать из мелких закопушек и с поверхности.

Материал для промывки шлиховых проб из русла лучше доставать из углублений или брать за крупными глыбами и валунами и, во избежание смыва шлиха, вынимать его закрывающимся черпаком.

Только убедившись в наличии в шлихах русла и кос полезного компонента, целесообразно провести раздельное поисковое опробование галечников всех развитых в долине надпойменных террас. Пробы для промывки шлихов из галечников террас следует брать из слоя, лежащего непосредственно на плотике, и из материала, заполняющего его трещины, карманы и другие впадины, помня, что во многих россыпях продуктивный горизонт имеет мощность от немногих до нескольких десятков сантиметров.

Важно учитывать также литологический состав отложений. Так, лишенные глинистых частиц, хорошо промытые и однородные по механическому составу пески и галечники дают малый выход шлиха. В то же время эти же породы, связанные глинистым материалом и включающие валуны и глыбы, отличаются значительно бо́льшим содержанием тяжелой фракции и весьма подходят для опробования.

Ложковые россыпи. Очень результативным в ряде случаев оказывается опробование ложковых отложений. Помимо того, что ложковые россыпи представляют самостоятельный интерес, их изучение дает возможность с минимальной затратой труда и времени решать вопросы об источниках питания русловых россыпей, а иногда и о положении коренных месторождений.

Ложковые россыпи бывают приурочены к делювиально-аллювиальным отложениям, выстилающим днища логов и слагающим иногда на их бортах невысокие ложковые террасы. Такие отложения распространены в логах, не отличающихся слишком крутым падением. Для ложковых отложений характерна в общем небольшая мощность (редко более 3—5 м), слабая, но почти всегда выявляющаяся сортировка, плохая окатанность крупнообломочного материала и существенно глинистый состав цементирующей массы. Разделение на пойменную и русловую фации в этом слу-

чае почти не заметно. Вследствие этого минералы повышенного удельного веса содержатся во всей толще щебнисто-галечно-глинистого материала; нижние их горизонты, как правило, все же более ими обогащены.

Наиболее благоприятными для образования россыпей являются древние лога, несущие рыхлые накопления в тальвеге. Они пережили несколько циклов эрозионного обновления, обладают вследствие этого ступенчатым продольным профилем и заложены в карстующихся карбонатных породах. Лучшие для взятия проб участки в логах расположены в тальвегах, непосредственно ниже переломов продольного профиля и в западинах плотика.

При развитии сети ложков, размывающих отложения террас, древних долин или аллювиальные галечники междуречий, она должна быть подвергнута подробному изучению. При съемке следует установить типы отложений, развитых в районе логов, выяснить их морфологию и ознакомиться с отложениями, выстилающими тальвеги. Можно считать достаточным, если для типичных логов будут составлены продольные профили тальвега от устья до вершины и сделаны три поперечных профиля в нижнем, среднем и верхнем участках лога, по возможности с разрезами рыхлых отложений.

Пролювиальные отложения, особенно если они сложены материалом, получившимся при непосредственном разрушении коренного месторождения, а не за счет захвата каких-либо других обогащенных образований, почти не заключают россыпей, так как пролювиальный перенос не способствует концентрации минералов тяжелой фракции. Поэтому при определении участков, благоприятных для образования россыпей, необходимо искать места, где пролювиальный материал подвергся последующему водному переотложению.

Поиски россыпей во время проведения комплексной геологической съемки чаще всего, в силу необходимости, ограничиваются только констатацией в рыхлых отложениях того или иного полезного ископаемого. Более подробное изучение россыпей и, тем более, определение их промышленной ценности бывает сопряжено с необходимостью осуществления значительного объема горных работ и опробования. И то и другое выходит за рамки производственных возможностей съемочной партии. Поэтому для удовлетворения запросов, могущих возникнуть в связи с проведением дальнейших исследований, геолог-съемщик должен собрать сведения, нужные для целесообразного выбора мест и планирования последующих работ.

В применении к аллювиальным россыпям это означает необходимость знания пространственного распределения в долинах отложений отдельных типов (русловых, косовых, пойменных, террасовых), их мощностей и фаций, а также условий водоносности. Необходимы также краткие данные о вещественном составе россыпей — об их гранулометрии, петрографическом, шлихо-минералогическом составе. Для террасовых россыпей важна также оценка степени сохранности аллювиальных отложений.

Большое значение в случае распространения русловых, косовых и долинных россыпей имеет гидрологический режим рек: сроки и продолжительность паводков, время обнажения кос, время ледостава, высота сезонных колебаний уровня воды.

Р о с с ы п и л е д н и к о в ы х о т л о ж е н и й. Россыпи ледникового происхождения не представляют собой редкого явления, хотя они почти никогда не становятся объектом промышленного использования. Обычно различают россыпи, связанные с моренами — донными, боковыми, конечными, и с отложениями флювиогляциальных потоков. Россыпи второго типа, по существу, близки к аллювиальным, в которые они нередко в горных районах и переходят.

Крайне неравномерное и в общем небольшое содержание минералов тяжелой фракции в моренах делает поиски россыпных минералов в этом типе отложений делом трудным и практически ненужным. Гораздо больший интерес представляют продукты водного переотложения морен. По наблюдениям А. А. Кухаренко на Кольском полуострове, последовательные циклы перемыва морен через флювиогляциальные и аллювиальные осадки к накоплениям озерного пляжа приводят к более чем стократному обогащению шлихом этих осадков по сравнению с мореной. Поэтому и в областях, подвергшихся покровному оледенению, наиболее целесообразно опробование аллювиальных отложений. Перспективными для опробования следует считать участки долин, соединяющие обычные в областях холмистого моренного ландшафта озеровидные расширения. На этих участках реки обычно прорезают моренные отложения и вымывают из них крупные валуны, образующие пороги. В горных областях питание аллювиальных отложений минералами россыпей осуществляется нередко за счет флювиогляциальных отложений.

Россыпи отложений, переработанных эоловыми процессами. Собственно эоловые россыпи практически не образуются. Однако роль ветра в формировании россыпей в областях с резко выраженным аридным климатом исключительно велика. Она заключается в дополнительном обогащении рыхлых обломочных масс элювиального, пролювиального, аллювиально-пролювиального и морского происхождения полезными ископаемыми. Этот процесс, по наблюдениям В. Битца в пустынных районах Юго-Западной Африки, обусловлен выносом ветрами тонкого пылеватого материала продуктов выветривания горных пород. Удаление глинистых и алевритовых частиц осуществляется также и поверхностными водами (в дождливые сезоны). Остающийся на месте грубый угловатый материал, если он включает полезные ископаемые, постепенно обогащается устойчивыми компонентами, содержание которых иногда достигает промышленных концентраций.

Особенно благоприятные условия для накопления минералов тяжелой фракции создаются в котловинах выдувания. Эти котловины представляют собой полые бессточные впадины, выработанные в покровных обломочных или коренных породах. Наибольшие из них имеют протяженность в несколько километров, ширину до километра и глубину в несколько десятков метров. Простираются котловины в направлении, согласном с господствующими ветрами. Полезные компоненты россыпей концентрируются в них в щебнистом детритовом материале, залегающем на днище и на склонах. Максимальное их содержание приурочено к наветренным склонам. В таких же условиях происходит накопление минералов россыпей и у подножья дюн.

Крупные частицы полезного ископаемого, например алмазы, видны непосредственно на поверхности. Более мелкие минералы россыпей могут быть обнаружены в обычной шлиховой пробе или установлены при обогащении перевеванием породы на ветру.

Прибрежно-морские россыпи. На последнем этапе миграции обломочного материала на пути от суши к морю образуются прибрежно-морские россыпи. Волновая деятельность морей, а также крупных озер является одним из самых совершенных процессов концентрации минералов тяжелой фракции, приводящей в иных случаях к образованию весьма богатых россыпей. Полезные компоненты выносятся с суши в береговую полосу реками или сезонными водотоками и разносятся вдоль побережья на десятки километров. Работа волн приводит в зоне прибоя к образованию береговых валов галечного и песчано-галечного состава, с которыми обычно и бывают связаны россыпи. Ширина валов зависит от профиля берега и характера подстилающих пород. У пологих берегов,

выработанных в коренных породах, валы имеют небольшую ширину (3—10 м) и в них наблюдается высокое содержание минералов тяжелой фракции. Если порода, служащая субстратом для отложения берегового вала, имеет рыхлое сложение, то валы достигают ширины 50—300 м и для них характерно более бедное содержание тяжелых минералов. На крутых берегах валы вообще не образуются.

Наиболее обогащены полезными компонентами самые крайние части берегового вала, обращенные к коренному берегу. По направлению к морю содержание полезного ископаемого постепенно снижается. Россыпи береговых валов опробуются линиями копушей или шурфов, в поперечном направлении к их простиранию.

Погребенные россыпи. Все типы россыпей при определенных условиях могут быть погребены под более или менее мощными осадками или покровами эффузивных изверженных пород. Причины их захоронения самые различные. Например, при изменении тектонического режима поднятий на движения обратного знака речные долины заполняются осадками, а существовавшие в них россыпи погребаются под аллювием. Изменения климата приводят иногда к резкому усилению делювиальных и солифлюкционных процессов. В этом случае россыпи скрываются под накоплениями склонового происхождения.

В горных районах, подвергавшихся оледенению, обычны случаи, когда отложения, включающие россыпи, перекрываются мореной. Нередко россыпи, приуроченные к крупным карстовым воронкам и впадинам, покрываются осадками различного возраста и генезиса в течение нескольких циклов просадок и накопления материала.

Известны случаи погребения россыпей под отложениями озерного или морского происхождения. Выявление и изучение погребенных россыпей в процессе геологической съемки представляет собой сложную задачу. Сама возможность существования россыпей, скрытых во впадинах рельефа, под осадками или излияниями эффузивных пород, решается в результате анализа развития рельефа и формирования рыхлых отложений. Что касается определения мест их расположения в том случае, если они не вскрыты современной речной сетью, то оно может основываться на данных буровых или геофизических работ, выполненных с другим целевым назначением. Задачей геолога-съемщика является постановка вопроса о возможности открытия погребенных россыпей и ориентация работ в наиболее целесообразном направлении.

Результаты работы, выполненной в связи с поисками и изучением россыпей, излагаются в отчете и наносятся на карты. В зависимости от характера имеющихся данных и способы картографического изображения россыпей могут быть различными. Наиболее удобной основой для нанесения данных о россыпях являются карты рыхлых (четвертичных) отложений или геоморфологические карты. Если известны только проявления полезного ископаемого, то место его констатации обозначается на карте условным знаком («Инструкция...», 1955). Если, помимо этого, имеется возможность оконтурить россыпь, то ее площадь выделяют на карте контуром и покрывают цветной штриховкой или крапом. Нет общепринятой штриховки и крапа, поэтому выбор того или иного их вида должен быть подчинен интересам ясности и наглядности.

В случае, когда россыпи различного происхождения примыкают к коренному месторождению, они могут быть нанесены и на геологическую карту или на специальную карту рудопроявлений.

Литература

Арсентьев А. В. Поиски и разведка золота и платины. М., Цветметиздат. 1932.
Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М.—Л., ГОНТИ. 1938.

Битц В. Процессы концентрации в аллювиальных и связанных с аллювием алмазных россыпях Юго-Западной, Южной, Центральной и Восточной Африки. Л., Госгеолиздат, 1950.
Горностаев Н. Н. О некоторых вопросах геоморфологии и о происхождении россыпей. — Труды треста «Золоторазведка» и НИГРИЗолото, 1937, вып. 6.
Жилинский Г. Б. Поиски россыпных месторождений титана. Алма-Ата, Изд. Акад. наук Каз. ССР, 1954.
Инструкции для составления карты полезных ископаемых СССР. Госгеолтехиздат, 1955.
Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений. М.—Л., Госгеолиздат, 1940.
Методическое руководство по геологической съемке и поискам. М., Госгеолтехиздат, 1954.
Мирчинк Г. Ф. К вопросу о геологии россыпных месторождений. — Сов. геология, 1940, № 5—6.
Нифонтов Р. В. Геология россыпей. — Труды треста «Золоторазведка» и НИГРИЗолото, 1937, вып. 7.
Рейнборн К. и Мильнер Г. Поиски и разведка аллювиальных месторождений. М.—Л., Новосибирск, Гос. научно-техн. горно-геол. нефт. изд., 1933.
Соболев В. С. Геология месторождений алмазов Африки, Австралии, острова Борнео и Северной Америки. М., Госгеолиздат, 1951.
Трофимов В. С. Ресурсы алмазов в зарубежных странах. М., Госгеолиздат, 1947.
Флеров В. К. Современные аллювиальные россыпи на косах и намывных островах. — Труды треста «Золоторазведка» и НИГРИЗолото, 1937, вып. 5.
Шанцер Е. В. Генетические типы четвертичных континентальных осадочных образований. — Материалы по изуч. четвертичн. периода СССР, 1950, 2, вып. 4.

ШЛИХОВОЙ МЕТОД

Шлиховой метод опробования основан на исследовании тяжелой фракции рыхлых отложений. Концентрат тяжелых минералов, называемый шлихом, получается при промывке этих отложений водой в азиатском ковше или специальном лотке.

Данные шлихового анализа, наряду с другими показателями, имеют большое значение для характеристики четвертичных отложений. Состав шлиха является одним из характерных признаков, позволяющих производить в ряде случаев корреляцию пластов, особенно при изучении немых толщ.

Изучение состава шлиха помогает выяснить источники происхождения рыхлых отложений и направление сноса, что имеет большое значение для выяснения вопросов палеогеографии.

Шлиховое опробование широко применяется при поисках коренных и россыпных месторождений полезных ископаемых (золота, металлов платиновой группы, касситерита, вольфрама, шеелита, киновари, висмута, монацита, алмаза и др.). При поисках особое значение приобретает шлиховое опробование в закрытых и мало обследованных районах.

При изучении четвертичных отложений необходимо отмывать шлих из четвертичных отложений всех генетических типов, в том числе из различных горизонтов морен и межледниковых отложений. При этом важно брать по нескольку шлиховых проб из одного и того же горизонта (генетического типа породы), так как состав четвертичных отложений отличается быстрой изменчивостью.

Помимо этого, необходимо брать пробы коренных пород, из которых приготовляется искусственный шлих (протолочка коренных пород). Это позволяет сопоставлять состав четвертичных отложений различных типов с составом коренных пород и устанавливать связи между ними, а также устанавливать изменения минералогического состава отложений в зависимости от возраста, условий переноса и т. д.

При поисковых работах шлиховые пробы берут главным образом из аллювия, иногда из аллювиально-делювиальных и морских отложений. Из русловых отложений пробы берут (с лодки или плота) чер-

паком с длинной ручкой, которым делается в русле закопушка. Установлено, что наибольшее скопление шлиха приурочено к таким участкам русла, где выходы коренных пород расположены вдоль водотока и непосредственно подстилают аллювий. Особенно благоприятные условия создаются на месте выходов в русле реки сланцев, в том случае, если их пласты простираются вкось к направлению течения и образуют «ребровик» или «щетку»; тогда шлих скапливается в трещинах между пластами.

При опробовании косовых отложений делается закопушка, глубиной, достаточной для того, чтобы получить мелкую фракцию (песок с мелкой галькой). В косах наиболее обогащены шлихом верхняя по течению часть и выпуклый край косы.

Благоприятны для накопления шлиха в русле и косовых отложениях участки, где скорость течения резко замедляется (расширение речной долины, ниже крутых поворотов, ниже перекатов и т. д.), и участки, расположенные выше предметов, загораживающих косу (глыб камней, вывороченных корней деревьев, кочек и т. п.).

Опробование террасовых, ледниковых, межледниковых и четвертичных отложений других типов производится из свежерасчищенных стенок естественных и искусственных обнажений (шурфов, расчисток). В тех случаях, когда имеется налегание разновозрастных толщ или большая мощность отложений, пробы берутся послойно, из слоев разного возраста или различного литологического состава.

Для получения тяжелой фракции твердых коренных пород (искусственного шлиха) их дробят в чугунной ступе до крупности в 1 мм и промывают так же, как рыхлые отложения.

Детальность шлихового опробования зависит от поставленных задач и масштаба съемки. В табл. 5 приведены средние показатели густоты опробования при поисках.

Таблица 5

Средние показатели шлихового опробования при поисках рудных месторождений

(по М. И. Ициксону, 1953)

Масштаб поисковых работ	*Длина гидросети в км*	Число проб на 1 км гидросети	*Общее количество проб*	*Шурфы в пог. м*
1 : 500 000	500—600	1	500—600	—
1 : 100 000	300—400	3—4	900—1000	—
1 : 50 000	120	6	720	250
1 : 25 000	80	8	640	250

При изучении четвертичных отложений целесообразно брать меньше шлиховых проб — от 200 до 300 на геологическую партию, но производить более детальный минералогический анализ шлихов.

Объем шлиховой пробы берется из расчета получения после промывки 15 г серого шлиха (с содержанием 30% легкой фракции, главным образом кварца) и зависит от содержания в породе минералов тяжелой фракции. В четвертичных отложениях, за исключением аллювиальных, как правило, содержится небольшое количество тяжелых минералов. Объем пробы из песчано-галечных отложений составляет в среднем от 5 до 10 л (от 2 до 4 ковшей), а чтобы получить 15 г серого шлиха из моренных отложений, иногда требуется промыть до 25—30 л породы и больше. Чтобы уменьшить потерю тяжелых минералов при промывке [1], необходимо после удаления

[1] Техника промывки шлиховой пробы подробно описана в брошюре М. И. Ициксона 1953 г.

гальки и глинистого материала среднезернистый и мелкозернистый материал домывать над тазом. Осадок, образующийся в тазу, следует промыть еще раз (вторичная доводка).

Очень важно, чтобы все шлихи были доведены при промывке до одинакового содержания легкой фракции (до 30%). Это даст возможность правильно судить об относительном выходе шлиха в пробах.

Взятая для шлихового анализа проба сразу же записывается в шлиховой журнал по приведенной ниже форме (табл. 6) и отмечается на карте.

Таблица 6

Форма полевого шлихового журнала

Дата взятия	№ шлиха	Номенклатура планшета	Место взятия пробы	Тип опробованных отложений	Характер промытых отложений	Глубина взятия пробы	Объем промытой породы, м³	Вес шлиха, г
			р. Белая ниже устья ручья Уралка	Коса	Галечник с песком	Из закопушки глубиной 0,3 м	5,0	
			р. Рудная в 3 км выше дер. Горки	Отложения террас	Песок с галькой	Из расчистки с глубины 1,5 м от поверхности	7,5	
			р. Быстрая в 2 км выше устья, правый берег	Склон коренного берега	Валунный суглинок	Из расчистки с глубины 5 м от поверхности	3,0	

Отмытый шлих после просушки взвешивают и упаковывают в капсюль из плотной бумаги или в мешочек из плотной ткани. На капсюле или на этикетке, которая вкладывается в мешочек, пишут название партии, номер шлиха, место взятия шлиха, объем промытой пробы, вес шлиха и дату взятия пробы.

Минералогическое изучение пород тяжелой фракции четвертичных отложений можно производить также путем взятия проб для исследования иммерсионным методом. Объем таких проб зависит от карбонатности и глинистости пород и обычно колеблется от 20 до 100 г; чем карбонатность и глинистость больше, тем большего объема берется проба (например, чистый известняк берется в количестве 1 кг). В лабораторных условиях взятая проба делится на фракции по гранулометрическому составу. Минералогическому анализу подвергается главным образом фракция 0,25—0,01 мм или фракции 0,25—0,1 мм, 0,1—0,001 мм. Следует сопоставлять одну и ту же фракцию из различных отложений.

Иммерсионным методом (определение показателей светопреломления минералов) устанавливается минералогический состав легкой и тяжелой фракций пробы. Этот метод незаменим в тех случаях, когда почему-либо имеются пробы ограниченного размера (например, керн из буровой скважины), или порода содержит очень небольшое количество тяжелой фракции (как бывает в моренных отложениях), или когда из-за быстрого передвижения геологического отряда нет времени для отмывки шлиха.

Данные иммерсионного анализа в качественном отношении до некоторой степени можно сравнивать с данными шлихового анализа, но для количественного сравнения шлихов методика еще не разработана и поэтому

для лучшего сравнения полученных результатов рекомендуется пользоваться каким-нибудь одним из этих методов и только в крайней необходимости прибегать к сравнению результатов, полученных обоими методами.

В зависимости от поставленных задач меняется в камеральный период и методика шлихо-минералогического анализа.

При поисках россыпи месторождений редких металлов берется большое количество шлихов (несколько сотен) и благодаря этому анализ шлихов проводится упрощенными методами, а оценка содержания минералов производится по визуальной шкале.

При исследовании четвертичных отложений и поисках некоторых полезных ископаемых применяются точные микроскопические методы. При этом, кроме определения минералов, изучают их свойства и применяют точные количественные методы исследования минералов.

Литература

Атанасян В. А. Наставление по иммерсионным исследованиям. М., Гостоптехиздат, 1954.

Батурин В. П. Некоторые вопросы петрографии в изучении четвертичных отложений Русской платформы. — Труды II Междунар. конфер. Ассоц. по изуч. четвертичн. периода, 1933, вып. 2.

Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М.—Л., ГОНТИ, 1938.

Зееман Т. В. и Лурье М. Л. Инструкция по составлению шлиховых карт. М.—Л., Главн. ред. горно-топл. и геол.-развед. лит., 1938.

Ициксон М. И. Поиски полезных ископаемых и минералов. В кн.: «Справочник путешественника и краеведа», т. 2. М., Географгиз, 1950.

Ициксон М. И. Шлиховое опробование при геологической съемке и обзорных поисках. М., Госгеолиздат, 1953.

Копченова Е. В. Минералогический анализ шлихов. М., Госгеолиздат, 1951.

Рейнборн К. и Мильнер Г. Поиски и разведка аллювиальных месторождений. Москва — Ленинград — Новосибирск, Гос. научно-техн. горно-геол. нефт. изд., 1933.

Сасим П. С. Методика сбора и обработка шлихов. Новосибирск, Изд. Зап.-Сиб. геол.-развед. треста, 1934.

Сигов А. П. Шлиховые изыскания. — Труды Уральск. научно-исслед. инст. геол. развед. и исслед. мин. сырья, 1939, вып. 4.

Чуева М. Н. Минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. М., Госгеолиздат, 1950.

ВАЛУННО-ПОИСКОВЫЙ МЕТОД

Валунно-поисковый метод зародился еще в XVII в., как прослеживание разноса валунов рудоносной породы, находимых на поверхности, для местонахождения их материнской породы. Таким путем было найдено большинство залежей полезных ископаемых Фенноскандии.

За два последних десятилетия наметился перелом в методике поисков при помощи валунов. Практика показала значительное преимущество изучения петрографического состава определенной фракции мелких валунов из толщи основной морены, так как обломки рудных валунов легко поддаются выветриванию и поэтому редко достигают крупных размеров и сохраняются на поверхности.

Для проведения таких работ прежде всего следует выяснить направление движения ледника, отложившего данную морену. Достигается это путем наблюдения над расположением конечных морен, озов, «бараньих лбов», ледниковых шрамов на них, над ориентировкой длинных осей валунов и путем прослеживания их разноса. Эти работы требуют детальных карт коренных и четвертичных отложений.

Составив предварительное представление о направлении переноса материала ледником, переходят к выявлению валунов, заключающих полезное ископаемое, и сопутствующих им пород и к последующему оконтуриванию конуса рассеивания валунов.

На площади, занятой ледниковыми отложениями, задают горные выработки (длина и глубина 2 м, ширина 1 м) с целью вскрытия не затронутой выветриванием основной морены. Выработки располагают по заранее намеченной сети, параллельными линиями, перпендикулярно предполагаемому направлению движения ледника, на расстоянии 500 м одна от другой.

Чтобы отметить узкие потоки рудных валунов, задают, кроме шахматной сетки, генеральные поисковые профили вкрест движения ледника, через каждые 4—5 км, с выработками на расстоянии 200 м одна от другой.

При обнаружении валунов в пределах потока рудных обломков сгущают сети выработок до 100×100 м, а в случае необходимости — до 50×50 м и более.

Первый профиль задают в части площади, наиболее удаленной от центра оледенения, и постепенно двигаются к вершине конуса.

Выработки углубляют в невыветрелую морену не менее чем на 1 м и просмотр валунов производят в основном для фракции 1—5 см, так как она содержит обломки как твердых, так и легко разрушающихся пород, причем эти обломки наиболее закономерно ориентированы длинной осью по направлению движения ледника. Вынутую при проходке морену изучают в целях обнаружения рудных валунов. Породу предварительно пропускают через грохот с ячейками сечением 5×5 см. Грохочение следует совмещать с засыпкой канав.

Чтобы выявить руды, вкрапленные в валуны, раскалывают валуны тех пород, с которыми подобные руды обычно бывают связаны.

Для подсчета количественного соотношения петрографического состава валунов фракции от 1 до 5 см из нижней части стенки каждой выработки берут строго определенный объем невыветрелой морены (2—3 ведра). Оптимальный объем пробы устанавливается для каждого района работ отдельно и строго выдерживается во всех пробах данного района. Для этого в начале работ в одной горной выработке берут последовательно 1, 2, 3 ведра и т. д. морены и сравнивают результаты просеивания. Если процентное соотношение валунов различных пород будет одинаковым или очень близким во всех объемах, следует ограничиться меньшим объемом, т. е. одним ведром морены. Если одинаковые соотношения будут наблюдаться начиная с двух ведер, то следует принять объем пробы в два ведра. Принимая оптимальный объем, надо учитывать, что общее количество отсеянных валунов пробы не должно быть менее 10 штук.

Если морена песчаниста, ее просеивают через грохот с отверстиями 5×5 см и затем через металлическое решето с сечением ячеек 1×1 см. Полученную фракцию подвергают детальному петрографическому изучению, остальные валуны бегло просматривают, чтобы выявить содержащиеся в них полезные ископаемые.

Изучить петрографический состав валунов легче, если в начале работ сделать эталонную коллекцию из различных типов валунов, встречаемых в данной местности.

Петрографическое определение валунов производят в выработках генеральных профилей, а по другим профилям — в шахматном порядке, через 1 км.

Для каждой разновидности рудных валунов составляют отдельные карты. Основа карты берется в горизонталях. Места находок рудных валунов наносят значками, показывающими их процентное содержание по отношению ко всем остальным валунам. Обычно пользуются кружками различного диаметра: при содержании 1—10% валунов — 2 мм, при 11 — 20% — 4 мм, 21—30% — 6 мм, 31—40% — 8 мм, 41—50% — 10 мм, свыше 50% — 10 мм; кружок в этом случае заливают тушью или зачерчивают карандашом.

Можно вычертить такие карты на кальке и, накладывая их на геологическую карту, устанавливать связь распространенности полезного ископаемого с геологией района.

Данные изучения петрографического состава валунов также можно наносить на карты в виде циклограмм или подобных значков, что будет способствовать уточнению геологической карты дочетвертичных пород.

Замеры ориентировки длинных осей валунов для установления направления движения ледника делают при равнинном рельефе через выработку, в шахматном порядке. При пересеченной местности число замеров увеличивают. Необходимое число замеров в одной выработке устанавливают на месте работ, так как для разных районов оно будет различным. С этой целью в нескольких типичных разрезах морены замеряют последовательно ориентировку 25, 50, 75 валунчиков и если однозначные результаты будут получены по 25 замерам, ограничиваются для данного района этим числом.

Замер производят компасом, непосредственно в расчистке, без нанесения значков на валуны. Результаты замеров изображают в виде роз.

Попутно с валунными поисками ведут шлиховое опробование морены, используя для этого фракцию менее 1 см, для чего берут не менее 12 кг породы. Промывку ведут до серого шлиха.

Если искомая порода окажется скрытой под плащом четвертичных отложений, можно произвести химический анализ их, а также анализ золы из сожженной растительности, покрывающей участок предполагаемого залегания рудоносной породы. Над полезным ископаемым четвертичные отложения всегда обогащены соответствующими элементами.

Литература

Апухтин Н. И. и Яковлева С. В. Валунные поиски полезных ископаемых. В кн.: «Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений». Ч. 2. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Неуструев Ю. С. Поисковые работы по методу рудных валунов. — Труды Ленингр. геол. треста, 1936, № 1.

РОССЫПНЫЕ ШЛЕЙФЫ И ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ В РАЙОНАХ РАЗВИТИЯ СОЛИФЛЮКЦИИ

С солифлюкционным коллювием связаны две следующие основные группы россыпных шлейфов:

1) шлейфы, не потерявшие непосредственной связи с коренными месторождениями, за счет частичного разрушения которых они произошли;

2) шлейфы нацело смещенные, происшедшие в результате полного разрушения коренного месторождения, мигрирующие под влиянием солифлюкции.

Далее в пределах каждой группы различают простые россыпные шлейфы (одноярусные) и сложные россыпные шлейфы (многоярусные).

Образование последних связано с явлениями перевальцовки и наплывания грунта, отчетливо видными на примерах солифлюкционных террас, и зависит от взаимного расположения месторождений на склоне (фиг. 76). В свою очередь они разделяются на подтипы в зависимости от крутизны склона и литологического состава вмещающего их солифлюкционного коллювия.

Предложенная классификация может быть передана в виде следующей схемы:

Солифлюкционные россыпные шлейфы

Связанные с коренными месторождениями

Нацело смещенные (мигрирующие)

Простые (одноярусные)

Сложные (многоярусные)

Склон пологий 8°

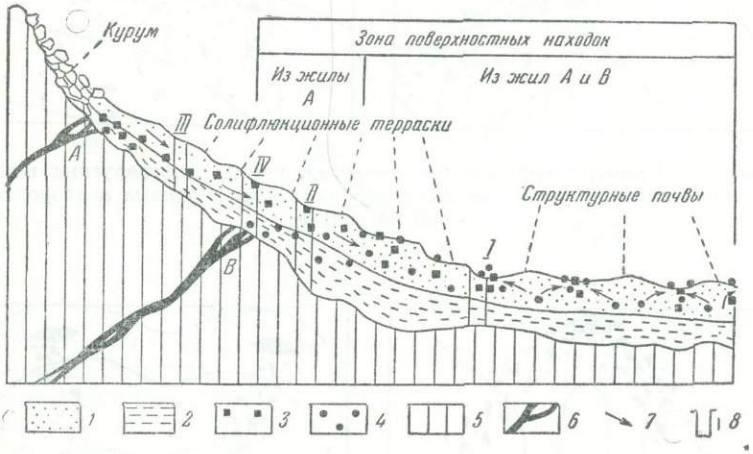
Склон средний 8 ÷ 20°

Склон крутой >20°

Преобладают мелкозем и мелкие обломки

Преобладают крупные обломки

Шлейфы, связанные с коренными месторождениями, возникают в тех случаях, когда коренное месторождение только частично разрушено выветриванием и непосредственно переходит в россыпь.



Фиг. 76. Схематический разрез коллювиального шлейфа в условиях солифлюкции:

1 — активный слой грунта; *2* — вечномерзлый слой грунта; *3* — полезное ископаемое в россыпи из жилы *А*; *4* — то же из жилы *В*; *5* — коренные породы; *6* — жилы, содержащие полезное ископаемое; *7* — направление движения грунта; *8* — выработки и порядок их заложения (римские цифры) при поисках жилы *В*

Такие шлейфы представляют двоякую ценность. Во-первых, прослеживая их, мы подходим к обнаружению местоположения коренных месторождений, скрытых под толщей солифлюкционного коллювия; во-вторых, в целом ряде случаев такие шлейфы сами являются объектами разведочных и добычных работ.

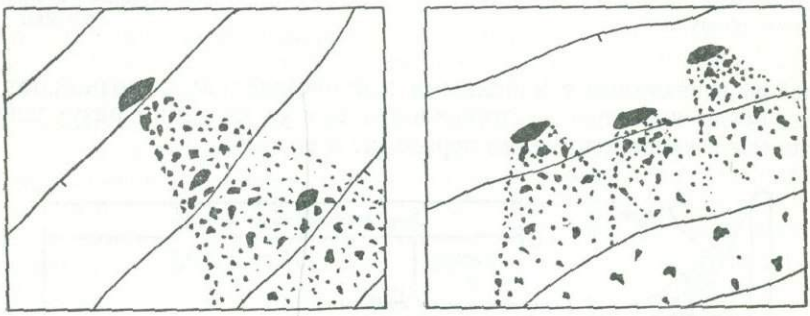
Если в вертикальном разрезе наблюдается приуроченность россыпных находок к одному горизонту коллювия, — это одноярусная россыпь. Такие россыпи характерны для случаев, когда коренное месторождение расположено изолированно и шлейф россыпи не перекрывается шлейфами нижележащих россыпей и не смешивается с ними, а также если солифлюкция на данном участке склона протекает более или менее равномерно (например, в тонком слое мелкощебенчатых грунтов).

Сложные (многоярусные) шлейфы образуются в том случае, если выветриванию подвергаются коренные месторождения, расположенные на одной высоте, поблизости одно от другого или одно над другим, или же если имеет место наплывание масс текучего грунта на более древний солифлюкционный шлейф (фиг. 77, 78, 79).

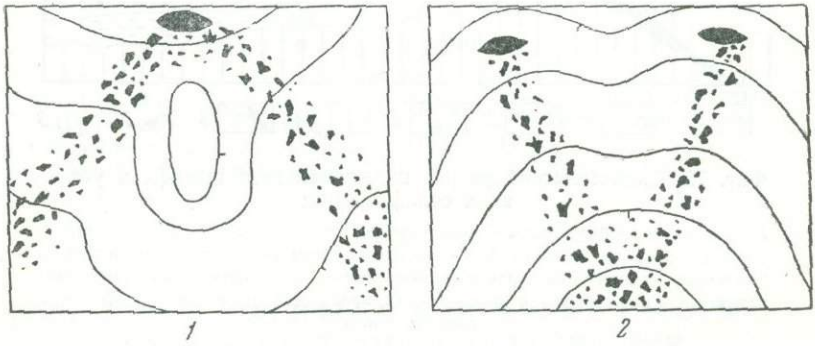
Тогда в разрезе встречается не один, а несколько горизонтов, обогащенных россыпными находками, иногда связанными с различными коренными месторождениями (фиг. 76).

Иногда одна и та же россыпь на разных отрезках имеет различное строение (простое или сложное), в зависимости от процесса солифлюкции.

Характерные особенности шлейфа зависят также от крутизны склона (фиг. 80). При малых углах склона (2—5°) (фиг. 80, *1*) шлейф имеет



Фиг. 77. Примеры образования смежных, иногда многоярусных шлейфов при сменном расположении разрушающихся коренных месторождений на склоне



Фиг. 78. Разветвление шлейфа (*1*) и соединение двух шлейфов в зависимости от особенностей рельефа (*2*)

неправильные (расплывчатые) контуры. В верхнем слое грунта наблюдается резкая дифференциация материала по крупности, связанная с формированием структурных грунтов. Часто наблюдается разрыв между верхней (коллювиальной) и нижней (элювиальной) частями россыпей.

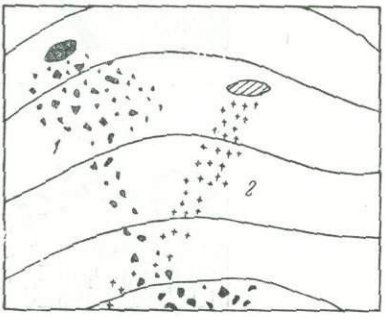
Распределение полезного ископаемого в верхних горизонтах солифлюкционного коллювия зависит от наличия здесь морозной сортировки; при этом крупные обломки оказываются приуроченными к каменным полосам и каменным бордюрам, а шлих — к земляным полосам и земляным «подушкам» структурных почв. Отдельные короткие и извилистые шлейфы создают в пределах общего контура россыпи довольно сложную картину; при этом далеко не всегда удается сразу обнаружить местоположение коренного месторождения, «питающего» россыпной шлейф (см. фиг. 80, *1*).

На склонах средней крутизны (5—20°) в отложениях преобладает мелкозем (фиг. 80, 2*а*), вниз по склону шлейф расширяется постепенно.

Верхняя, насыщенная часть шлейфа погружена в толщу коллювия; наблюдается постепенный переход к элювиальной россыпи.

Чем значительнее уклон (>20°), тем более приближается россыпь к форме узкого клина (фиг. 80, *3*) и тем определеннее становятся геоморфологические признаки (ориентировка полосчатых почв, уступов солифлюкционных террас и т. д.), которыми можно руководствоваться для суждения о направлении поисков коренного месторождения. Вероятны находки обособленных рудных валунов. Наблюдается непосредственный переход коллювиального шлейфа в коренное месторождение.

Обычно в нижней, широкой части шлейфа находки приурочены к верхнему горизонту солифлюкционного делювия, а частью лежат на поверхности. Распределение их здесь очень неравномерно, и, как правило, полезное ископаемое не достигает промышленной концентрации. По мере движения вверх по склону шлейф суживается, и содержание полезного ископаемого увеличивается. Одновременно уменьшается количество поверхностных находок. Шлейф постепенно погружается, «ныряет» в грунт. Наконец, у самого острия клина шлейфа поверхностные находки единичны. Шлейф россыпи уходит вниз, причем количество находок на глубине 1—1,5 м резко увеличивается. Далее он продолжается часто в мерзлоте еще на расстояние 3—10 м и затем переходит в элювиальную россыпь или коренное месторождение. По границе протаивания мерзлоты иногда наблюдается разрыв шлейфа (фиг. 80, *2а*), что связано с энергичным смещением верхнего, оттаявшего активного горизонта грунта.



Фиг. 79. Неравномерное смещение шлейфа *(1)* и перекрещивание его с более древним шлейфом *(2)* в условиях солифлюкции

Такая картина характерна для участков, где в составе солифлюкционного коллювия преобладают мелкозем и мелкие обломки.

В том случае, когда грунт обогащен крупнообломочным материалом (фиг. 80, 2б), полезное ископаемое распределено очень неравномерно. Шлейф прерывистый, отдельные обогащенные участки чередуются с участками, где наблюдаются единичные россыпные находки или пустой грунт (фиг. 80, *3*). Поэтому при прослеживании такого шлейфа необходимо задавать большее количество выработок.

На склонах средней крутизны россыпь имеет форму узкого клина, шириной от 1—3 м в вершине и до 10—20 м в нижней части, при длине 50—100 м. Но нередки также россыпи, длина которых достигает 200—250 м.

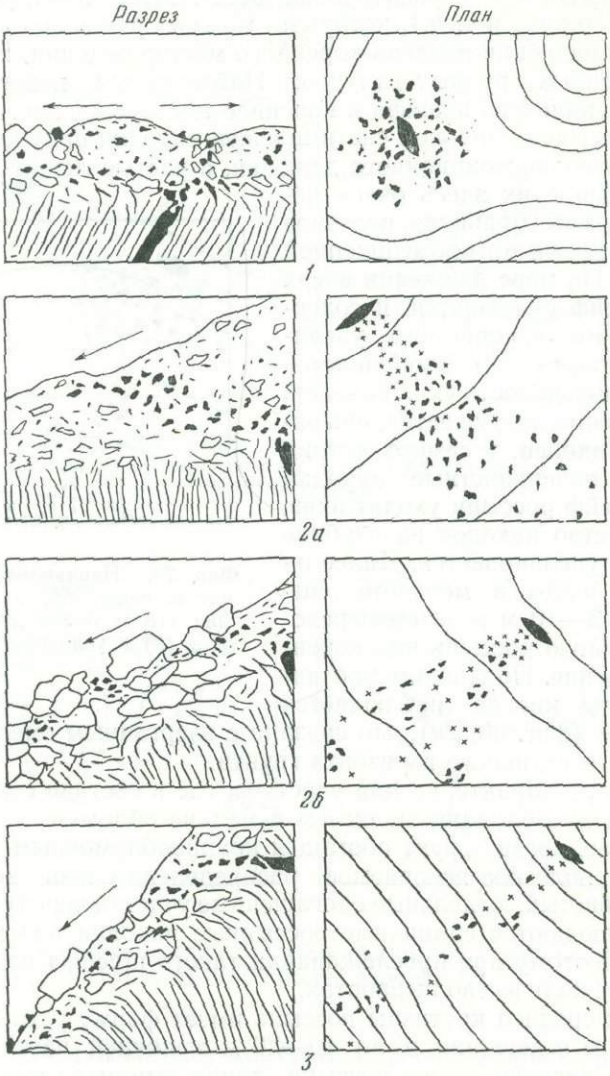
Как правило, в верхней части шлейфа полезные ископаемые распределены более равномерно, чем в нижней его части, что связано с постепенным рассеиванием рудных обломков по мере удаления от разрушающегося коренного месторождения.

На крутых склонах шлейф имеет форму узкой прерывистой полосы, иногда намеченной только единичными находками, лежащими с интервалом в 10—20 и до 50 м.

Особенно неправильное (часто групповое) распределение полезных ископаемых наблюдается на крутых склонах — в курумах и осыпях.

В этом случае, если коренное месторождение полностью разрушено выветриванием, и полезное ископаемое смещено под влиянием солифлюкции, возникает подвижный, мигрирующий шлейф. Такие «кочующие шлейфы»

в начальной своей стадии, также характеризуются увеличенной концентрацией полезного ископаемого в верхней трети и отличаются от предыдущих лишь тем, что в них отсутствует переход к элювиальной россыпи и



Фиг. 80. План россыпных шлейфов в условиях солифлюкции:

1 — слабый уклон (2—5°). Шлейф имеет неправильные (расплывчатые) контуры.

2 — склоны малой и средней крутизны (5—20°): *а)* преобладает мелкозем; *б)* преобладают крупные обломки.

3 — крутой склон (> 20°)

коренному месторождению. Вместо этого наблюдается резкое выклинивание шлейфа. Но в таком виде шлейф сохраняется относительно недолго.

Вследствие процессов вымораживания, перевальцовки грунта, дифференциального характера самого течения и в зависимости от наличия усту-

пов на склоне, шлейф постепенно растягивается и распадается на обособленные участки, расположенные на расстоянии до 100 м один от другого (фиг. 81).

Такое кучное распределение россыпных находок порой создает ложное впечатление о том, что мы имеем дело с отдельными разрушающимися элювиальными месторождениями.

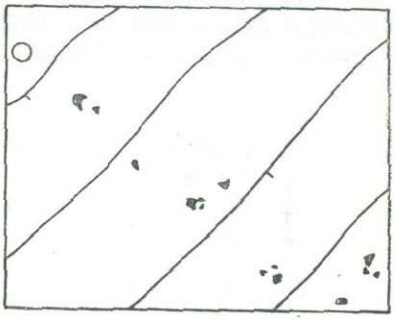
За исключением отдельных случаев, такие шлейфы не представляют промышленной ценности.

Таким образом, можно подчеркнуть следующие характерные отличия солифлюкционных шлейфов от обычных делювиальных.

1) Происходит быстрое разрушение коренного месторождения морозным выветриванием и быстрое перемещение полезного ископаемого на значительное расстояние, даже при незначительных (от 3—5°) углах склона.

2) Формирование сложных шлейфов находится в зависимости не только от взаимного расположения разрушающихся коренных месторождений на склоне, но и от характера солифлюкции.

3) Происходит перераспределение (сортировка) полезного ископаемого по крупности, связанное с развитием структурных грунтов.



Фиг. 81. Мигрирующий шлейф, образовавшийся в результате полного разрушения коренного месторождения. Характерны единичные находки и кучные скопления рудных обломков на значительном расстоянии один от другого. ○ — положение нацело разрушенного коренного месторождения

Порядок поисковых работ в условиях солифлюкционного склона следующий.

Работы, предшествующие разбивке сети выработок

1. Осмотр участка россыпных находок и расстановка вешек на месте их обнаружения; для лучшего оконтуривания шлейфа рекомендуется площадная задирка почвенного покрова.

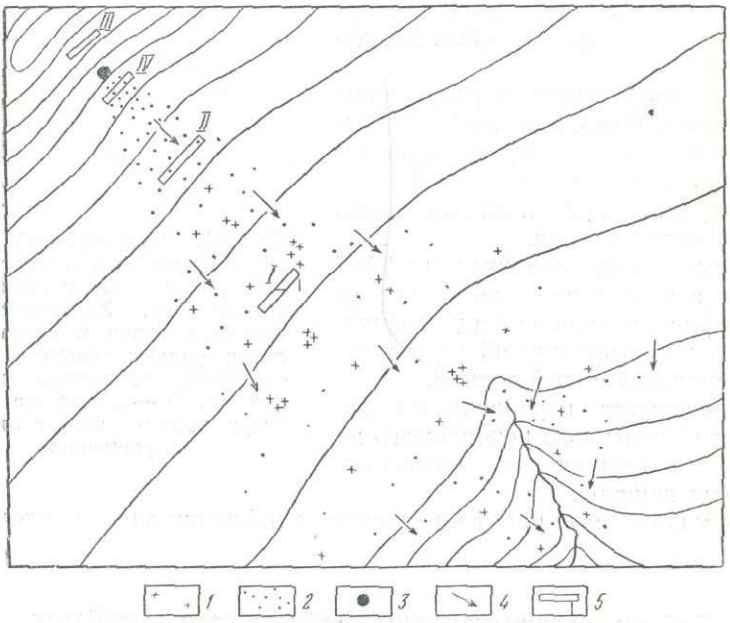
2. Нанесение на карту крупного масштаба (не менее 1:10 000) как точек находок, так и характерных типов грунта. Условными значками отмечаются явления, свидетельствующие о развитии солифлюкции (солифлюкционные терраски, валы, щебневые потоки, полосчатые структурные грунты), и направление течения. Фиксируется положение снежников, талые воды которых активизируют процессы солифлюкции ниже по склону, а также отдельные эрратические валуны и выраженные в рельефе аккумулятивные моренные формы.

Разбивка выработок и порядок их заложения

1. На основании произведенных наблюдений задаются выработки с таким расчетом, чтобы подсечь шлейф минимальным объемом разведочных работ. В характерных случаях можно ограничиться небольшим количеством канав, задаваемых вкрест падения склона. Длина их может быть от 5 до 20 см, в зависимости от намечающейся ширины шлейфа. Ширина канав должна достигать 1 м, глубина — до коренных пород, если это возможно, и, во всяком случае, до горизонта максимального протаивания мерзлоты.

2. В канавах в обязательном порядке фиксируются глубина залегания мерзлоты, литологические данные о грунте, ориентировка обломочного материала, петрографический состав обломков, расположение россыпных находок.

Чтобы определить глубину, на которой распространена россыпь, и выяснить, относится ли она к одноярусным или многоярусным, роют канавы. Канавы задаются в верхней части россыпи и в 1—5 м выше поверхностных находок с целью нащупать погружение шлейфа. В случае, если будет обнаружено, что россыпь уходит в глубину, несколько выше задаются одна



Фиг. 82. Коллювиальный шлейф в плане:

1 — находки полезных ископаемых на поверхности; *2* — то же в толще грунта; *3* — коренное месторождение, скрытое под покровом солифлюкционного делювия; *4* — направления течения грунта; *5* — выработки и порядок их заложения

или две контрольные канавы, до коренных пород. Если в канаве не содержится находок, то по шлейфу задается открытый карьер, который обычно и приводит к обнаружению коренного месторождения. Признаком близости его служат: сужение шлейфа, увеличение числа обломков, содержащих полезное ископаемое, нахождение совместно с вмещающими породами и сопутствующими минералами (фиг. 82; см. также фиг. 76).

Сочетание морфологических наблюдений и тщательное изучение вынутой породы дают экономию выработок от 30 до 70% по сравнению с обычно применяющимися стандартами, когда выработки задаются в виде сетки или лестницы с правильными интервалами. Трафаретную сетку выработок с заранее заданными расстояниями между ними в условиях солифлюкции планировать нецелесообразно, так как это не только приведет к лишней работе, но и не гарантирует обнаружения коренного месторождения.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ СЪЕМКЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Четвертичные отложения, насыщенные подземными водами, часто служат основанием для различных сооружений; в них происходят разнообразные физико-геологические процессы, которые необходимо учитывать при строительных работах; наконец, многие четвертичные образования являются сами ценными полезными ископаемыми и строительным материалом. Поэтому при изучении и съемке четвертичных отложений необходимо производить гидрогеологические и инженерно-геологические наблюдения.

Гидрогеологические наблюдения сводятся к выявлению обводненности четвертичных отложений и установлению связи содержащихся в них водоносных горизонтов с водоносными горизонтами коренных пород, к выяснению условий их питания и общего режима.

Признаком обводненности четвертичных пород служат естественные выходы подземных вод (болота, родники), обнаружение подземных вод при проходке карьеров, скважин, колодцев, шурфов, некоторые физико-геологические процессы (оползни и др.).

Путем обследования родников, колодцев, скважин и определением глубины, относительной и абсолютной высоты залегания в них подземной воды можно составить наиболее полное представление о водоносности четвертичных отложений. Одновременно с этим нужно выявить сезонные колебания уровня подземных вод и положение капиллярной зоны, установив условия питания подземных вод.

В четвертичных отложениях различных генетических типов, в тесной зависимости от форм рельефа и климатических условий, проявляются те или иные специфические особенности питания и циркуляции подземных вод. Например, в области ледниковой денудации подземные воды нередко приурочены к ледниковым обломочным отложениям, выполняющим древние долины и котловины. Морены здесь преимущественно валунно-песчаные и являются хорошими коллекторами подземных вод. Распространение кристаллических пород, трещиноватых с поверхности на некоторую глубину, содействует скатыванию атмосферных осадков в водопроницаемые гравелисто-песчаные, ледниковые, морские (в местах развития морских террас), озерные и аллювиальные отложения.

В областях ледниковой аккумуляции, занимающих обширные площади в Европейской части СССР, создаются особенно благоприятные условия для накопления подземных вод. Они содержатся во флювиогляциальных гравелисто-песчаных отложениях, в озерно-ледниковых песчаных толщах и образуют нередко несколько водоносных горизонтов, разделенных водоупорными пластами валунных суглинков — морен и озерных суглинков.

Выдержанность водоносных горизонтов способствует стратиграфическому расчленению ледниковых отложений, так как косвенно указывает на присутствие межморенных отложений. Нахождение воды в моренных толщах также указывает на их строение — на присутствие интраморенных песчаных отложений. Исчезновение водоносного горизонта иногда свидетельствует о выклинивании водопроницаемых межморенных толщ в области конечных морен, где мощные валунные суглинки осложняют условия питания подземных вод и обусловливают нередко их глубокое залегание. В области зандровых равнин обычно наблюдается неглубокое залегание грунтовых вод, а выдержанность более глубокого напорного горизонта указывает на постоянство распространения разделяющего эти воды водоупорного пласта морены. Резко изменчивое по высоте положение уровня подземных вод свидетельствует о неровной поверхности кровли или подош-

вы водоупорных пород — морен. Нередко можно установить выклинивание морен, их размытость или линзообразное залегание. Области развития ледниковых отложений, состоящих из чередования горизонтов водопроницаемых и водоупорных пород, особенно благоприятны для накопления подземных вод. Высокие фильтрационные свойства гравелисто-песчаных отложений содействуют питанию и подземному стоку воды. Здесь, как на водораздельных пространствах, так и в долинах, могут быть получены подземные воды хорошего качества, пригодные для водоснабжения населенных пунктов. Заранее можно предвидеть близкое от поверхности земли залегание грунтовой воды в зандровых равнинах и глубокое положение вод (обычно напорных) в областях конечных морен, сложенных мощными водоупорными суглинками. В них лишь спорадически встречается вода в линзах песков.

Совершенно отличные условия накопления подземных вод наблюдаются в областях широкого распространения лёссовых пород на юге Европейской части СССР. Устойчивый и мощный покров лёссов и лёссовидных отложений на водораздельных плато и поверхностях высоких террас крупных речных долин создает специфические условия питания и циркуляции подземных вод. В связи с меньшим количеством атмосферных осадков и сильным развитием овражно-балочной сети, дренирующей лёссовые толщи, в них нет достаточно постоянных и обильных подземных вод.

Специфические фильтрационные свойства лёссов определяют бо́льшую доступность их для проникания воды в вертикальном направлении и более затрудненные условия для фильтрации в горизонтальном направлении. Характерно обычно глубокое залегание грунтовых вод на лёссовых плато и высоких террасах. Водоупорными прослоями в лёссах служат нередко горизонты погребенных почв, разграничивающие несколько ярусов лёсса. На поверхности погребенных почв накапливаются грунтовые воды, и их выдержанное распространение и постоянство в положении уровня косвенно указывают на выдержанность горизонта погребенной почвы. Это в отдельных случаях можно использовать для уточнения стратиграфии этих отложений.

Своеобразные условия нахождения грунтовых вод наблюдаются и в аллювиальных отложениях. Встреча в дренируемых песчаных аллювиальных толщах древних террас спорадических неглубоких грунтовых вод указывает на присутствие в толще аллювия прослоев и линз водоупорных глинистых пород. Иногда прослеживание положения уровня грунтовых вод в аллювиальных отложениях указывает на выдержанность погребенных торфяников, озерных отложений.

Подземные воды играют также большую роль в процессах выветривания и почвообразования. Поэтому очень важно бывает установить не только современный гидрогеологический режим, но и попытаться выявить его для минувших эпох. В районах повышенной влажности подземные воды, являясь носителями солей железа, марганца и других элементов, обусловливают процессы ожелезнения пород, образование ортзанда и ортштейнов, глеевых горизонтов. При участии подземных и поверхностных вод происходит ожелезнение и цементация песков и галечников, с превращением их в песчаники и конгломераты.

В районах распространения карбонатных пород подземные воды, богатые бикарбонатами кальция и магния, вызывают цементацию рыхлых четвертичных осадков — осыпей, аллювиальных песков и галечников, пролювиальных обломочных накоплений и др. Так возникают четвертичные известковистые песчаники, конгломераты, брекчии. Выходы из четвертичных покровов, богатых бикарбонатами подземных вод, нередко сопровождаются отложением известковых туфов.

В засушливых районах, вследствие капиллярного поднятия влаги и ее испарения, происходит засоление четвертичных отложений и почв (солончаки). В местах выходов минерализованных подземных вод формируются солончаки, переходящие при промывке в солонцы. На увлажняемых участках в лёссовых районах возникают подовые образования. Очень часто выходы подземных вод сопровождаются заболачиванием и образованием торфяников. Во всех этих случаях деятельности подземных вод необходимо тщательно учитывать особенности климата, поступление атмосферных осадков и общий гидрологический режим района.

Инженерно-геологические наблюдения при четвертично-геологической съемке складываются из изучения физико-геологических процессов (заболачивание, торфообразование, просадка, суффозия, оползни, карстообразование, солифлюкция, мерзлотные и термокарстовые процессы), происходящих в четвертичных отложениях, и определения физико-технических показателей четвертичных пород.

Физико-геологические процессы изучают общеизвестными методами, но главное внимание при этом следует обращать на проявление этих процессов в четвертичных образованиях. Нередко карст, оползни и т. п., развиваясь в коренных породах, затрагивают и четвертичные отложения. В районах, где разрабатываются залежи полезных ископаемых, необходимо изучать нарушения четвертичных отложений, вызванные деятельностью человека (обрушения, оседания и т. д.). В сейсмических районах надо исследовать нарушения четвертичного покрова, вызванные землетрясениями.

При изучении разнообразных четвертичных образований в опорных разрезах желательно определять физико-технические показатели главнейших литологических разновидностей пород. Комплекс этих показателей нередко, в дополнение к общегеологическому и литологическому изучению пород, помогает составить характеристику отдельных стратиграфических горизонтов четвертичных отложений (например, разного возраста горизонты морен, ярусы лёссов и т. п.).

Нередко отдельные стратиграфические горизонты морен имеют различные показатели физико-технических свойств. У них неодинаковые удельный и объемный вес, пористость, пластические свойства, коэффициент фильтрации и т. п. Это относится к районам развития ледниковых отложений, в которых нижний горизонт морены обогащен материалом, захваченным ледником из коренных пород, как, например, под Ярославлем, Костромой. Здесь нижняя (днепровская) морена состоит из материала нижнемеловых черных слюдистых глин, имеет темную окраску и ряд совершенно специфических физико-технических показателей, отличающих ее от красновато-бурой верхней (калининской) морены. Нижняя морена имеет больший удельный и объемный вес, более низкий коэффициент фильтрации и т. д.

Очень резко отличаются по своим физико-техническим показателям разные по возрасту ярусы лёссов. Обычно лёссы верхнего яруса (верхнеплейстоценовые) имеют меньший объемный вес, бо́льшую общую пористость и макропористость, почему у них выше коэффициент пористости; они склонны к бо́льшим дополнительным осадкам при увлажнении, легче размокают, обладают бо́льшим коэффициентом фильтрации и имеют еще целый ряд показателей, отличающих их от более древних ярусов лёсса — среднеплейстоценового и нижнеплейстоценового, между которыми также наблюдаются различия. Удается найти различия в физико-технических свойствах и у разновозрастных погребенных почвенных горизонтов.

В процессе изучения и съемки четвертичных отложений из родников, колодцев, шурфов и скважин отбирают в обычном порядке пробы подзем-

ных вод для производства химических анализов (перечень главнейших определений указан в приведенной ниже форме, табл. 7). Из обнажений, карьеров, шурфов и скважин отбирают образцы пород для производства лабораторных исследований (см. табл. 8).

При изучении химического состава воды определяется содержание и других элементов (кремния, фосфора, серы и т. д.), а также газов (сероводорода, сернистого газа, метана и т. п.). Описываются физические свойства воды (цвет, прозрачность, запах, вкус), ее температура, с указанием даты, когда была взята проба.

Для инженерно-геологической характеристики четвертичных пород соответствующих стратиграфических горизонтов отбирают образцы этих

Перечень определений при производстве анализа

№ п/п	Место взятия пробы	№ родника, колодца, выработки	Относительная и абсолютная высота, м	Глубина взятия пробы воды, м	Водоносный горизонт	Содержание (в мг/л,				
						$K^{\cdot}+Na^{\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Ca^{\cdot\cdot}$	Сумма катионов	Cl'

пород с ненарушенной структурой и естественной влажностью. Из обнажений, карьеров и шурфов послойные пробы пород отбирают при помощи грунтоносов. Это специальные приборы, состоящие из стального цилиндра с плотно закрывающимися стальными крышками. Некоторые грунтоносы состоят из двух частей, а внутри их имеются две тонкие жестяные гильзы длиной по 15 см. Грунтонос вдавливают в грунт, грунт зачищают, прибор закрывают крышками и заливают парафином. Для определения влажности нередко отдельно, в бюкс, берут одновременно еще пробу породы. Есть и более усовершенствованные грунтоносы (например, системы К. И. Тыльчевского) для взятия проб глин, суглинков, супесей и обводненных песков. Их на штангах опускают в забой скважин, откуда и извлекают образец породы в виде керна.

Из обнажений карьеров и шурфов образцы связных пород (глин, суглинков, лёссов) отбирают путем вырезывания из их дна или стенок лопатой или ножом кубиков породы, так называемых монолитов, размером от 10×10×10 до 30×30×30 см, чаще всего размером 20×20×20 см. Монолит после извлечения обертывают марлей, заливают парафином и укладывают в специальный ящик. Образцы сыпучих и плывучих пород (песков, илов) отбирают не только из скважин, но и из шурфов, обнажений, карьеров, также грунтоносами.

К каждому образцу на верхнюю его часть приклеивают этикетку-паспорт с указанием, откуда и с какой глубины взят образец, номера обнажения, выработки, номера слоя и с краткой характеристикой породы. Желательно указывать относительную и абсолютную высоту обнажения

(выработки). Этикетка указывает, как был расположен образец относительно стран света.

Для определения гранулометрического состава сыпучих пород (песка, гравия) берут образцы с нарушенной структурой (в ящики или мешки), весом от 2 до 5 кг.

Образцы отбирают для характерных горизонтов, по мере смены пластов, а лучше всего отбирать их через каждые 1—2 м.

Для характеристики крупнообломочных пород (галечники, гравий) и песков обязательно определение их гранулометрического состава. Для ряда связных пород (глины, суглинки) необходимо определять пластичность и гранулометрический состав мелких фракций (глинистых) по одному из

Таблица 7

химического состава подземной воды

мг-экв/л., % эк.)				Сухой остаток, мг/л	Жесткость, мг-экв/л			pH	Прочие определения	Co(II-титр
SO_4''	HCO'_3	Сумма анионов	Сумма ионов		общая	устраниимая	постоянная			

методов — Рутковского, Сабанина, Робинзона и др. При этом подготовку образцов к гранулометрическому анализу следует производить не только без разрушения агрегатов, но и с их разрушением с помощью иона $Na^{\cdot}$ (это особенно необходимо при изучении лёссовых пород). Желательно установление плотности песков по величине коэффициента пористости. Для всех видов пород необходимо определение удельного и объемного веса, естественной влажности, пластических свойств, в некоторых случаях показателей липкости (для илов), просадочности (для лёссовых пород), содержания органических веществ (для илов, лёссовых пород, погребенных почв), подсчет пористости и коэффициента пористости. Желательно определение коэффициеита фильтрации, степени консистенции, углов естественного откоса и внутреннего трения, сцепления, иногда модуля сжатия и выведение допускаемого давления на породу (при необходимости освещения инженерных вопросов). В табл. 8 перечислены главнейшие определения физико-технических показателей, имеющих значение не только для инженерных целей, но и для характеристики инженерно-геологических особенностей четвертичных отложений при комплексном их изучении. Эти показатели помогают уточнить генезис четвертичных отложений.

Полученные данные гидрогеологического и инженерно-геологического изучения четвертичных отложений позволяют полнее охарактеризовать особенности их генетических типов и выявить свойства пород, имеющие практическое значение. Поэтому комплекс хотя бы сокращенных гидрогеологических и инженерно-геологических исследований четвертичных отложений является обязательным при съемке четвертичных отложений.

Гранулометрический состав (фракции), мм		Влажность (естественная) W, %	Вес, г/см³			Пористость n, %	Коэффициент пористости (вычисляется), ε	Плотность (для песков), выражается через ε
			объемный					
для обломочных и песчаных пород, мм	для глинистых пород, мм		удельный γ	с естественной влажностью Δ	в сухом состоянии Δ_0			
>10 >10—5 > 5—2 2—1 1 —0,5 0,5 —0,25 0,25—0,1 0,1 —0,05 <0,05	>1 1 —0,5 0,5 —0,25 0,25 —0,1 0,1 —0,05 0,05 —0,01 0,01 —0,005 0,005—0,001 <0,001	—	—	—	$\Delta_0 = \frac{\Delta}{1+0{,}01\,W}$	$n = \frac{\gamma-\Delta_0}{\gamma}\cdot 100$	$\varepsilon = \frac{\gamma}{\Delta_0} - 1$	**Плотный:** крупный $\varepsilon < 0{,}55$ мелкий $\varepsilon < 0{,}60$ **Средней плотности:** крупный $0{,}55 \leqslant \varepsilon \leqslant 0{,}65$ мелкий $0{,}60 \leqslant \varepsilon \leqslant 0{,}70$ **Рыхлый:** крупный $\varepsilon > 0{,}65$ мелкий $\varepsilon > 0{,}70$

Таблица 8

ческих показателей рыхлых четвертичных отложений

Число пластичности (для глин, суглинков, супесей) W_n	Степень консистенции B	Угол естественного откоса $\varphi_0°$	Угол внутреннего трения $\varphi°$	Модуль сжатия (компрессионные свойства) E, кг/см²	Условная просадочность (для лёссовых пород) $\Delta_{пр}$	Коэффициент фильтрации $K_ф$ м/сек	Допускаемое давление σ, кг/см²	Прочие показатели и свойства
Супесь $1 \leqslant W_n \leqslant 7$ Суглинок $7 < W_n \leqslant 17$ Глина $W_n > 17$	$B = \frac{W - W_p}{W_n}$ W_p—весовая влажность на границе раскатывания. По величине B можно установить консистенцию: твердая: $B < 0$, пластичная $0 < B < 1$ текучая $B > 1$				$\Delta_{пр} = \sum_{i}^{n} \delta_i h_i$ δ_i или $\delta_{пр}$ определяется в компрессионном приборе и представляет относительную просадочность, находимую по формуле $\delta_{пр} = \frac{h - h'}{h_0}$, где h—высота образца, обжатого под давлением 3 кг/см²; h' — высота того же образца, обжатого под давлением 3 кг/см² после промачивания; h_0—высота образца, обжатого под природным давлением. h_i—толщина слоя, см Категории: I—$\Delta_{пр} = 5-15$ см II—$\Delta_{пр} = 16-50$ см III—$\Delta_{пр} > 50$ см Значения $\delta_{пр}$: просадочные лёссовые породы $\delta_{пр} > 0{,}02$; непросадочные лёссовые породы $\delta_{пр} < 0{,}02$			Например, степень влажности: $q = \frac{W\gamma}{100\,\varepsilon\gamma_0}$, где γ_0 — удельный вес воды. По степени влажности различают породы: мало влажные 0—0,5, сильно влажные 0,5—0,8, водонасыщенные 0,8—1,0 и др.

Литература

Гуменский Б. М. Полевые дорожные исследования грунтов. М., Госгеолиздат, 1948.

Инженерно-геологическая съемка при гидроэнергетическом строительстве. М., Госэнергоиздат, 1947.

Инженерно-геологические исследования при проектировании сооружений и строительстве гидроэлектростанций. М., Госэнергоиздат, 1954.

Литвинов И. М. Исследование грунтов в полевых условиях. М., Углетехиздат, 1954.

Методическое руководство по геологической съемке и поискам. М., Госгеолтехиздат, 1954.

Методическое руководство по инженерно-геологическим исследованиям для гидротехнического строительства. М., Госгеолиздат, 1949.

Овчинников А. М. Общая гидрогеология. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Попов И. В. Инженерная геология. М., Госгеолиздат, 1951.

Приклонский В. А. Грунтоведение, ч. 1—2. М., Госгеолиздат, 1949—1952.

Саваренский Ф. П. Гидрогеология. М.—Л., Ред. горно-топл. и геол.-развед. лит., 1939.

Саваренский Ф. П. Инженерная геология. Изд. 2. М.—Л., Ред. горно-топл. и геол.-развед. лит., 1939.

Чаповский Е. Г. Практическое руководство к лабораторным работам по грунтоведению и механике грунтов. М.—Л., Госгеолиздат, 1945.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Особенности и своеобразие четвертичных отложений и схема их стратиграфического расчленения *(В. И. Громов)* 7
Генетические типы четвертичных отложений *(Е. В. Шанцер)* . . . 9
Особенности картирования четвертичных отложений в поле *(С. В. Эпштейн)* 25
Карта четвертичных отложений (*С. Г. Боч*, *В. И. Громов, И. И. Краснов)* . 30
Взятие образцов четвертичных пород из обнажений, шурфов и буровых скважин (*С. Г. Боч*, *К. В. Никифорова)* 37

ЧАСТЬ II. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Обзор методов исследования четвертичных отложений *(С. В. Эпштейн)* . . 40
Биостратиграфические методы 42
Сбор материалов по изучению четвертичных (антропогеновых) млекопитающих *(В. И. Громов* и *К. В. Никифорова)* 42
Сбор остатков беспозвоночных (по *М. М. Жукову*) 45
Сбор растительных остатков (*И. М. Покровская*) 46
Археологический метод исследования (*В. И. Громов* и *К. В. Никифорова*) . 54
Методы определения абсолютного возраста 66
Геохронологические исследования (*И. И. Краснов*) 66
Радиоуглеродный метод определения абсолютного возраста четвертичных отложений (*В. В. Попов*) 74
Литолого-петрографические методы 77
Исследование ледниковых валунов (*С. В. Яковлева*) 77
Исследование галечников (*С. В. Яковлева*) 81
Исследование песков (*С. В. Яковлева*) 82
Исследование глин (*Б. М. Михайлов*) 85
Исследование лёссов и лёссовидных отложений (*В. В. Попов*) . . . 88
Исследование погребенных почв (*Е. В. Шанцер*) 97
Геоморфологические наблюдения 104
Наблюдения над эрозионными формами рельефа (*С. В. Эпштейн*) . . 104
Наблюдения над формами рельефа, связанными с деятельностью ледников (*С. В. Эпштейн*) 110
Геоморфологические наблюдения на берегах морей и озер (*Г. С. Ганешин*) 119
Наблюдения над эоловыми формами рельефа *(В. В. Попов)* . . . 126
Наблюдения над карстовыми формами рельефа (*Л. В. Голубева*) . . 137
Исследование пещер (*В. И. Громов*) 140
Гравитационные отложения и связанные с ними формы рельефа (*С. Г. Боч*) 142

Формы рельефа морозно-мерзлотного и термокарстового происхождения (*С. Г. Боч*) 148
Методы изучения неотектоники при съемке четвертичных отложений (*Н. И. Николаев*) 154
Применение аэрометодов при изучении и съемке четвертичных отложений (*И. И. Краснов*) 160

ЧАСТЬ III. ПОИСКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Нерудные и рудные ископаемые в четвертичных отложениях (*Р. Н. Принц*) . 167
Россыпные месторождения в четвертичных отложениях (*Э. И. Равский*) . . 172
Шлиховой метод (*Т. Б. Богрецова*) 181
Валунно-поисковый метод (*Н. И. Апухтин*) 184
Россыпные шлейфы и поисковые работы в районах развития солифлюкции (*С. Г. Боч*) 186
Гидрогеологические и инженерно-геологические наблюдения при съемке четвертичных отложений (*В. В. Попов*) 193

Краткое полевое руководство по комплексной геологической съемке четвертичных отложений

*

Утверждено к печати
Геологическим институтом Академии наук СССР

*

Редактор издательства *К. М. Феодотьев*
Технический редактор *П. С. Кашина*

*

РИСО АН СССР № 12—25В. Сдано в набор 1/XI 1956 г.
Подписано к печати 9/V 1957 г.
Формат 70×108¹/₁₆. 12,75 печ. л. — 17,47 усл. печ. л.
1 вкл. цветн. + 1 вкл. наборн.
16 уч.-изд. л. Тираж 5000 экз. Т-04802.
Изд. № 2038. Тип. зак. № 3208
Цена 12 р. 35 к.

*

Издательство Академии наук СССР.
Москва, Б-64. Подсосенский пер., д. 21
2-я типография Издательства АН СССР.
Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
8—9 вклейка Таблица 1, графа 15 (индексы)	1-я св.	Таблица 2	Таблица 1
	3—8 св.	αgl	Lgl
	9 св.	αYgl	LJgl
	13 св.	P3gl	PJgl
	Графа 14 5 и 7 сн.	Предпоследнее	Предпредпоследнее
9	27 св.	Полоса	Полосатость
162	2 св.	тремя	двумя

В таблице 1, графа — Ф. Е. Цейнер (1953) „Стратиграфические подразделения" черту над словом „Межледниковье" нужно опустить до уровня „Рисс-Вюрмское межледниковье".

12 р. 35 к.

5373