Цена 4 р. 50 к., пер. 30 к.

АКАД. В. А. ОБРУЧЕВ

ПОЛЕВАЯ ГЕОЛОГИЯ

ТОМ II

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО • 1931

Акад. В. А. ОБРУЧЕВ

550.8
О-24

550.8
О-24

ПОЛЕВАЯ ГЕОЛОГИЯ

ТОМ ВТОРОЙ

(3-е издание, исправленное и дополненное)

133

К 119 I-28

БИБЛИОТЕКА
Геологического Ин-та
Арх. отд. Ак. Наук СССР

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — 1931 — ЛЕНИНГРАД

Типография
Ленинградского Облфо,
им. Котлякова,
кан. Грибоедова, 30-32
Тел. 5-76-74

НН — 1. ОГИЗ № 650.

Ленингр. Областлит № 1531. Тираж 6000—20 п. л. Зак. 5750.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Только в конце 1929 г. вышло из печати второе издание этого тома и уже потребовалось третье, что доказывает огромный спрос на руководство подобного содержания. Издательство очень торопило меня с подготовкой текста к переизданию, почему пришлось ограничиться небольшими дополнениями и исправлениями, хотя некоторые главы можно было бы несколько переработать и значительно дополнить, пользуясь прекрасным руководством по инженерной геологии Редлиха-Терцаги-Кампе, указанным в предисловии к 2-му изданию. На последнее я поэтому делаю только ссылки в соответствующих местах и советую обращаться к нему в случае надобности в более детальном изучении некоторых геологических вопросов, связанных с гидрологией, строительством и инженерными работами вообще—по оползням, основаниям для сооружений, туннелям, плотинам, строительным материалам. По гидротехническим работам, исследованию почвы под сооружениями и строительным материалам хорошим пособием является также руководство Кранца.

Очень желательно, чтобы молодые геологи, пользующиеся моим руководством при полевых работах в различных условиях, сообщали мне свои замечания относительно необходимых в будущем дополнений и исправлений.

В. А. Обручев

ПРЕДИСЛОВИЕ К ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ.

В течение двух лет первое издание этой второй части „Полевой геологии" разошлось, что доказывает хороший спрос на руководство подобного характера. К сожалению, я не получил от геологов, пользовавшихся книгой, каких либо указаний относительно обнаруженных ими пробелов, недостатков, желательных дополнений, и только геолог Е. В. Милановский любезно согласился дополнить отдел об оползнях в главе XI на основании своей практики в разных местностях СССР, за что и приношу ему сердечную благодарность. За этим исключением мне пришлось самому внести исправления и дополнения в текст некоторых глав и списки литературы, используя результаты как новых исследований и наблюдений, появившихся за эти два года, так и пропущенных при составлении первого издания.

В дополнение к перечню руководств, более или менее аналогичных настоящему, перечисленных в предисловии к I изданию, необходимо еще упомянуть книгу Kranz, W. „Die Geologie im ingenieur-Baufach" (Stuttgart, 425 стр., *1927*), которая касается, главным образом, приложения геологии к военному делу, к гидротехническим сооружениям и гидрогеологии вообще, исследований почвы при постройках, дает обширные таблицы испытаний бетонов давлением и технически-важных минералов и горных пород; остальные отделы инженерной геологии отсутствуют или развиты слабо.

Для более детальных наблюдений различных геологических явлений, обусловленных деятельностью внешних геологических агентов и их конечных результатов в виде современного рельефа, можно рекомендовать, кроме русских руководств по физической геологии, лучшие иностранные, содержащие также полные списки литературы по отдельным вопросам:

1. Martonne, E., Traité de géographie physique. 4-е изд., т. II (Le relief, du sol), Paris, *1926*.
2. Passarge, S., Die Grundlagen der Landschafts-Kunde. 3 тома, 2-е изд. Hamburg, *1929*.
3. Philippson, A., Grundzüge der allgemeinen Geographie. Leipzig, *1924*, т. II, Morphologie.
4. Salomon, W., Grundzüge der Geologie: 1. Allgemeine Geologie. 2 части. Stuttgart, *1922—1923*.

В конце лета вышла за границей новая „Инженерная Геология", которой я уже не мог воспользоваться для дополнений в виду сдачи всего материала в печать. Судя по присланному проспекту, это руко-

водство: „Ingenieurgeologie von K. A. Redlich, K. v. Terzaghi und R. Kampe (Wien-Berlin, Julius Springer), 709 стр. с 417 рис., кроме краткого изложения основ физической геологии, петрографии и почвоведения, содержит: 1) большую главу (стр. 138—188), посвященную техническому исследованию горных пород для всякого рода сооружений; 2) главу (стр. 189 — 226), рассматривающую минеральные вещества, важные в техническом отношении (руды, огнеупорные материалы, цементы и пр.); 3) главу (стр. 365—407), касающуюся туннельных работ; 4) главу (стр. 408—557), посвященную оползням, обвалам, устойчивости почвы под сооружениями и инженерным работам по гидротехнике (барражи, сооружения на болотах) и, наконец, главу (стр. 558—633), рассматривающую основы гидрогеологии (химия воды, грунтовая вода, источники, водоснабжение).

Судя по оглавлению и отзывам в литературе, это руководство кажется мне более приспособленным к практическим запросам геолога, так или иначе имеющего дело с инженерными работами.

В. А. Обручев

Ленинград,
Геологический Музей
Ак. Наук.
1 сентября 1929 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Как упомянуто в введении к тому I „Полевой геологии", вторая часть этого руководства посвящена специальным геологическим наблюдениям, касающимся подземных, проточных и стоячих вод, явлений выветривания и ледниковых, поисков полезных ископаемых, наблюдениям при производстве различных инженерных работ, в военном деле и геоморфологическим; в последней главе рассмотрены геологические отзывы, консультации, организация геологической службы в предприятиях и геологическая экспертиза. Отсутствуют главы о наблюдениях относительно землетрясений и действующих вулканов, что мотивируется следующими соображениями: разрушительные землетрясения, к счастью, очень редки в Союзе ССР, и для изучения их привлекаются не начинающие, а опытные геологи, которые, конечно, найдут все необходимые указания в руководствах на иностранных языках и в специальной литературе. Действующие вулканы имеются только на далекой Камчатке, куда также не пошлют начинающего геолога для их исследования; что же касается остатков древних вулканов, то необходимые указания для их изучения даны в главе об изверженных породах, том I. Следовательно, эти две отсутствующие главы без особой надобности только увеличили бы объем этой книги.

Последний и так уже превысил намеченные в плане издательства рамки. Это обусловлено, главным образом, расширением списков литературы в конце каждой главы. Эти списки, как я полагаю, особенно нужны начинающим геологам, еще мало знакомым с литературой по тому или другому вопросу, которым они хотели бы заняться более детально. Необходимую помощь могла бы оказать им „Геологическая библиотека", издававшаяся Геологическим Комитетом, но она, к сожалению, прекратилась на 1900 г. Отдел библиографии и рефератов по геологии в периодических изданиях Союза ведется крайне скудно и неаккуратно. Поэтому нахождение соответствующей литературы требует слишком большой затраты времени, в особенности у начинающих работать.

Помещенные в этом руководстве списки, конечно, не являются исчерпывающими и вероятно содержат нежелательные пробелы; но в них указаны также сочинения, которые содержат более подробные списки. В числе таковых нужно упомянуть здесь еще „Физическую геологию" И. Мушкетова, 2 тома (изд. 3-е, *1924—26*), в которой списки обширны, но недостаточно систематизированы по содержанию, что затруд-

няет справки. Наши списки по необходимости короче, но пополнены самой новой литературой и систематизированы.

Второй том „Полевой геологии" нам пришлось составлять срочно, чтобы выпустить его возможно скорее после тома I. Это обстоятельство не могло не отразиться на проработанности отдельных глав; не хватало времени, чтобы спокойно просмотреть всю новую литературу и извлечь из нее наиболее ценное. Кроме того, руководства, достаточно похожего на настоящее, нет ни на одном языке, следовательно, не было образца, который мог бы облегчить работу. В английских и американских руководствах типа „Field geology" совсем нет или почти нет глав, посвященных рассматриваемым нами вопросам; их содержание более близко к нашему тому I. Руководства же типа „Geology for engineers" или „Technische Geologie" Stiny (и ее сокращенный перевод с дополнениями Д. Мушкетова) представляют в сущности курсы физической геологии, в которые вплетены в большем или меньшем количестве вопросы практического характера и указания, необходимые при инженерных работах разного рода. Чистая геология в них преобладает (у Stiny 90%, у Штини-Мушкетова 60%), так как эти руководства назначены, главным образом, для инженеров, мало знакомых с геологией. Наше же руководство имеет в виду преимущественно геологов, почему мы, предполагая в читателе достаточное знакомство с основами этой науки, могли обратить главное внимание на методику наблюдений, задачи и программы исследований. Но рамки, поставленные объему книги в качестве также учебного руководства, не позволили входить в большие подробности и по ряду вопросов пришлось ссылаться на имеющиеся в литературе детальные инструкции и программы.

В новом двухтомном издании „Praktische Geologie" Кейльгака том I содержит некоторые главы, аналогичные таковым нашего тома II, именно наблюдения над ледниками и оледенением, пещерами, дюнами, торфяниками и поиски полезных ископаемых; но они частью гораздо короче, чем наши, частью слишком подробны (о пещерах, полезных ископаемых) и вообще настолько отличаются по характеру изложения, что не могли служить образцом. В томе II только глава о военной геологии довольно близка к нашей, которая представляет извлечение из руководства Вильзера.

Особенно трудной для составления оказалась глава XIX, так как ни на одном языке нет хорошего руководства по геоморфологии, исключая труды американца Дэвиса и его школы. Последние принесли в свое время большую пользу, но его метод наблюдений и основанные на них выводы теперь признаны недостаточными, частью даже неправильными. Поэтому, изложение геоморфологических наблюдений по Дэвису было бы уже несвоевременно. Новая же методика еще не проработана как следует и даже новейшее сочинение В. Пенка „Die morphologische Analyse", содержащее много новых взглядов и ценных указаний, не охватывает всего цикла явлений.

В общем, наше руководство является в значительной степени свое-

образным и, как первый опыт в этом роде, не может претендовать на совершенство. Поэтому желательно, чтобы геологи, которые будут пользоваться им, сообщили автору все замеченные ими пробелы и недостатки. Только таким способом поверки на практике можно будет достигнуть существенного улучшения следующего издания, если таковое окажется нужным. Полезны будут также замечания относительно списков литературы и иллюстрации, хотя последнюю при всем желании нельзя значительно усилить, чтобы не повысить чрезмерно цену книги.

В заключение заметим, что часть геологов, которые будут пользоваться настоящим руководством, вероятно найдут, что иные вопросы, в особенности в томе I, рассмотрены слишком подробно, что иногда даются указания слишком элементарные, сами собой понятные, которые можно было не делать. Но к такому изложению меня побудили педагогический опыт последних лет и тот уровень подготовленности, который обнаружили лица, проходящие теперь курс высших учебных заведений. Руководство назначено не только для начинающих геологов, но и для студентов геологической специальности, интересы которых также приходилось принимать во внимание.

В качестве руководств, до некоторой степени (как указано выше) аналогичных настоящему, отметим:

1) Вагнер, К. Приложение геологии к инженерному делу. Перевод И. Мушкетова. Сборн. Инст. Инж. Пут. Сообщ., в. XI, СПБ, *1887*.
2) Штини-Мушкетов. Техническая геология. Гос. Изд., 305 стр., *1925*.
3) Fox, C. S. Civil engineering geology. London, 144 стр., *1926*.
4) Keilhack, K. Lehrbuch der praktischen Geologie. 4 Aufl. Stuttgart, 2 тома, *1921*.
5) Nivoit, A. La géologie, appliquée à l'art de l'ingénieur. Paris.
6) Ries, H. and Watson, T. Engineering geology. New York, *1915*.
7) Searles and Ives. Field engineering. 2 vol., 19 ed., 683 стр.
8) Sorsbie, R. Geology for engineers. London, 422 стр., *1911*.
9) Stiny, J. Technische Geologie. Stuttgart, 789 стр., *1922*.
10) Wilser, J. Grundzüge der angewandten Geologie. Berlin, 176 стр., *1921*.

ГЛАВА XI

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Как известно, атмосферные осадки, выпадающие на земную поверхность, распределяются по своей дальнейшей судьбе на три неравные части: одна часть испаряется и возвращается в атмосферу, другая стекает по поверхности в виде временных потоков, увеличивающих дебит постоянных водотоков и объем стоячих вод, третья часть впитывается в почву и в коренные породы, превращаясь в подземные воды.

Значение подземной воды для человека очень велико как в положительном, так и в отрицательном отношении. Эта вода питает источники и поддерживает уровень открытых водотоков в сухие периоды, она извлекается простыми и артезианскими колодцами для водоснабжения населенных мест и для технических надобностей, она способствует выветриванию и почвообразованию и питает растения. Но эта же вода обусловливает смещения более или менее крупных масс почвы и коренных пород, т. е. оползни, обвалы и провалы и, растворяя известные слои горных пород, создает пещеры и так называемый карст, губительно отражающийся на растительном покрове и плодородии.

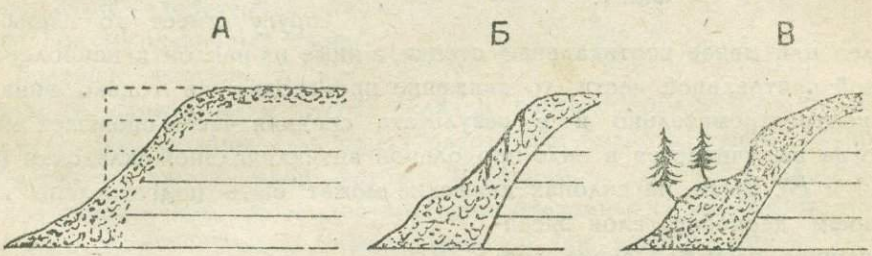
Исследование законов движения подземной воды, определение водоносных горизонтов, обилия и качества содержащейся в них воды и т. п., составляет одну из главных задач гидрогеологии и не может рассматриваться здесь, как по своему объему, так и потому, что изложение всего этого должно быть сделано соответствующим специалистом. Темой настоящей главы является изучение, главным образом, отрицательной работы подземной воды, требующей по своим губительным последствиям тех или иных предохранительных или защитительных мер. Такое изучение часто составляет задачу рядового геолога, не специалиста по гидрогеологии.

Смещение масс, как рыхлых, т. е. почв и наносов, так и связных, коренных пород, в связи с деятельностью подземных вод, может происходить или медленно и тогда называется оползнем, или же очень быстро, часто с опрокидыванием всей массы и всегда с распадением ее на обломки и в этом случае называется обвалом. Эти смещения влекут за собой различные последствия: обвалы заваливают долины и реки, дороги, отдельные здания и целые селения; оползни вызывают образование трещин в почве, уничтожение пашен, высыхание садов, искривле-

ние или разрушение домов, устоев мостов, водопроводов и канализации, смещение участков дорог или перекрытие их сползшими массами. Вообще последствия оползней напоминают последствия землетрясений. но ограниченные очень небольшой площадью. Оползни и обвалы более часты в гористых местностях, но от них далеко не свободны и равнины, где овраги, речные долины и морские или озерные берега создают местные резкие переломы рельефа, необходимые для смещения масс. В европейской части СССР от оползней особенно страдают берега р. Волги и Черного моря. Кроме естественных причин, смещения часто вызываются искусственными, созданными деятельностью человека, как-то: подкапыванье крутых откосов, глубокие выемки железных дорог, нагрузка ненадежного грунта тяжелыми сооружениями, неправильное или неумеренное орошение.

Движения делювия. Делювием называют рыхлые продукты выветривания, расположенные на склонах долин, оврагов и возвышенностей; он состоит из смеси более или менее грубых обломков коренных пород и так называемых остатков выветривания в виде более или менее глинистого песка, суглинка или глины. Мощность его очень различна, от ничтожного слоя до нескольких метров или даже 10—20 м и более, в зависимости от крутизны склона, климата, характера выпадения осадков и устойчивости пород относительно выветривания. Делювий, даже очень глинистый, проницаем для воды вследствие неоднородности состава, поэтому он более или менее насыщается грунтовой водой, которая постепенно выщелачивает растворимые частицы, создавая пористость; рыхлая и более или менее влажная масса под влиянием силы тяжести медленно ползет, оседает вниз по склону; этому способствуют и колебания температуры; от холода все обломки уменьшаются в объеме, и вся масса делювия опускается; в жару происходит расширение, но оно не может поднять обломки вверх, этому противодействует сила тяжести; при каждом замерзании воды в порах и трещинках почвы, что происходит особенно часто осенью и весной при колебаниях температуры выше и ниже нуля, все частицы смещаются давлением льда главным образом вниз. Таким образом происходит медленное смещение делювия по склону, усиливаемое давлением солнечных лучей; кроме того, смываемые поверхностной водой мелкие частицы отлагаются у подножия склона, где и смещение масс оканчивается. Поэтому делювий на нижней части склонов всегда гораздо мощнее, чем на верхней (фиг. 1 *А*), если только подножие склона не омывается проточной водой. Движение делювия доказывается образованием небольших трещин, параллельных склону, на его верхней части, небольших ниш там же при стрыве отдельных участков, валообразным выпучиванием почвы на нижней части склона и саблеобразным изгибом нижней части стволов некоторых деревьев, которые при движении почвы получили наклон, но потом восстановили свое вертикальное положение (фиг. 1 *Б* и *В*). Даже на очень пологих склонах происходит медленное движение делювия, если только уклон превышает 4—5°. В тех местах Сибири, где распространена вечная мерзлота, последняя

способствует движению делювия в теплое время года, когда оттаявший верхний слой почвы может скользить по более глубокому, остающемуся мерзлым; в таких местностях и крупные деревья не могут задерживать движение, так как их корни не уходят вглубь, а стелются по оттаивающему летом слою. В полярных странах, где растительность скудна или отсутствует, это движение поверхностного слоя по вечно-мерзлому приобретает особенно заметную величину, прямо бросается в глаза и получило название „течения почвы (Solifluction)", описываемого в главе XV. Вода, пропитывающая делювий во время дождей, увеличивает вес его массы и уменьшает трение частиц, т. е. делает всю массу более подвижной; кроме того, она перемещает более мелкие глинистые частицы вглубь, т. е. делювий делается на известной глубине более глинистым, менее проницаемым, а поверхность этого глубокого слоя становится более скользкой (см. главу XIV, процессы выветривания). В тропических странах, богатых дождями, слой почвы между дерном, скрепленным корнями, и поверхностью коренных пород ползет вниз на всех склонах. Но и в пустынях сухой делювий склонов смещается до самого подножия и далее, пока уклон не уменьшится до 2—3°; здесь главную роль играют сильные суточные колебания температуры и содержание солей в почве. Нагорные террасы и каменные реки (см. главу XIV) являются следствием движения делювия.



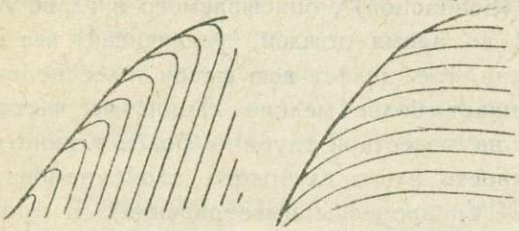
Фиг. 1.

Движением делювия объясняют постепенное сглаживание, округление и расширение первоначально острых гребней гор в тех случаях, когда растительность препятствует работе ветра и поверхностной воды, т. е. непосредственному сносу и смыву отдельных частиц. Этот вопрос был поднят и подробно рассмотрен Гетцингером.

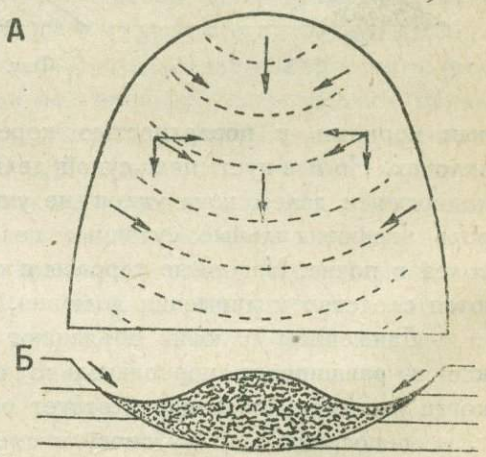
Движением делювия объясняются также нередко замечаемые на склонах, особенно на крутых, загибы голов тонкослоистых пород вниз по склону (фиг. 2); и это обстоятельство нужно иметь в виду при изучении небольших обнажений на склонах, чтобы не впасть в ошибку при определении условий залегания.

Оползни делювия. На крутых склонах от покрова делювия, лежащего на коренных породах, может оторваться более или менее значительный участок и поползти вниз. Если это происходит на нижней части склона, где делювий, упираясь в горизонтальную поверхность подножия, имеет достаточно прочное основание, то причиной движения является

подмыв проточной водой или подкапывание при каких-либо земляных работах—проведении канав, железнодорожных выемок, расширении площадки для здания. Лишенная прежнего упора ближайшая часть делювия держится некоторое время благодаря сцеплению корней в дерне, но увеличение ее веса, напр., после продолжительного дождя или весной при таянии снега, неминуемо приводит к ее отрыву и сползанию вниз. Отрыв сползающей массы происходит по полукругу, диаметр которого приблизительно соответствует длине подмытого или подрезанного участка (фиг. 3 *А*, в плане); движение прекращается, когда нижняя часть массы достигнет горизонтальной поверхности. Так кас поверхность отрыва по полукругу имеет по периферии более или менее вертикальные стенки, а ниже их наклон к наиболее глубокой центральной части, то движение происходит не только вниз, но и центростремительно и в результате средняя часть сползшей массы иногда выпучивается в виде продольной антиклинальной складочки (фиг. 3 *А* и *Б*). Выше на склонах движение может быть подготовлено нарушением дернового слоя раскапыванием, пастьбой скота, скатыванием леса, выходом источника воды и вызвано увеличением веса вышележащей массы при продолжительных дождях; область отрыва на склоне имеет округлые или овальные очертания и обыкновенно переходит вниз в горло, по которому нижняя часть оползшей массы перемещается, оканчиваясь более или менее значительным конусом отложения у подножия или на выступе склона (фиг. 4). Такие оползни или оплывины называют чашевидными; в них также нередко наблюдается продольное выпячивание. Иногда целая группа таких оползней соединяется горлами с дном оврага или ущелья (фиг. 5). Подобные оползни, созданные выходом источников, имеют наибольшую тенденцию разрастаться все выше и шире по склону, уничтожая слой делювия и растительность и обусловливая усиление размыва склона при дождях и таянии снега, снос рыхлого материала и образование мур (см. главу XII).



Фиг. 2.

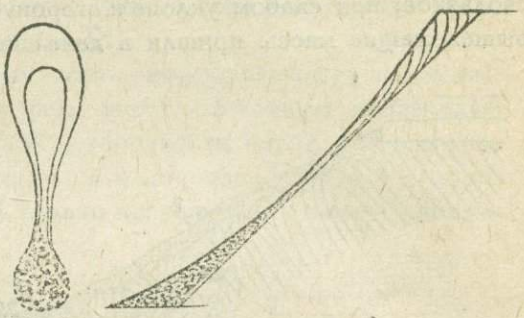


Фиг. 3.

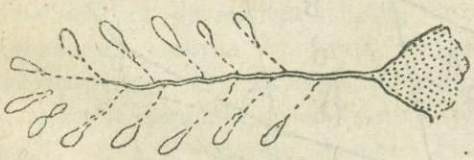
Если объем оторвавшейся массы значителен, то ее движение по горлу срывает дерн и оголяет почву более или менее широкой полосой.

Сползшая масса постепенно размывается, и горло вместе с чашей превращается в рытзину, вызывающую дальнейшее оголение склона от делювия и развитие оползней.

Особенно многочисленны и разрушительны оползни делювия на южном берегу Крыма, что объясняется его геологическим строением. От высот водораздела Таврического хребта, так называемой Яйлы, тянется крутой склон к морю; водораздел сложен из толщ верхнеюрского известняка (фиг. 6 *а*), более или менее трещиноватого и водопроницаемого, залегающего горизонтально и с пологим наклоном в ту или другую сторону; под ним выступает несогласно так называемая таврическая свита (лейастриас из песчаников и различных сланцев, большею частью тонкослоистая и сложенная в крутые складки, часто опрокинутые в сторону моря (фиг. 6 *б*); головы этих пород разрушены более или менее глубоко и покрыты на южном склоне грубым делювием из обломков известняка и пород таврической свиты, достигающим местами многих метров мощности (фиг. 6 *в*). Обильные атмосферные осадки, выпадающие на Яйле, поглощаются известняками, просачиваются до поверхности таврической свиты и на южном склоне смачивают делювий, выбиваясь ключами в разных местах и доставляя главную массу воды, орошающей сады южного берега и питающей населенные пункты. Но эти же воды создают в толщах делювия и разрушенных головах таврической свиты многочисленные и крупные оползни, развитию которых благоприятствуют крутой уклон и неумеренное орошение садов. Борьба с оползнями здесь очень трудна и дорога, так как требует устройства крупных водосборных галлерей на значительной глубине, чтобы перехватывать всю грунтовую воду, а затем урегулирования орошения с устройством цементированных водостоков для спуска излишней воды в море (см. литературу в конце главы, касающуюся оползней Крыма).



Фиг. 4.

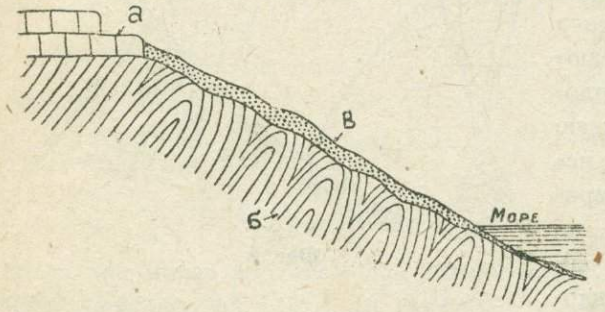


Фиг. 5.

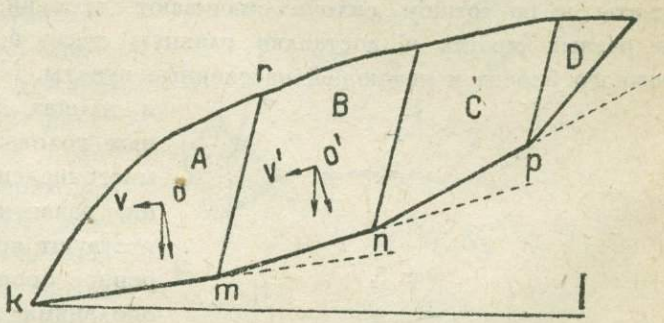
Заметим еще, что искусственные насыпи, возводимые для полотна железных дорог, портов и пр. и состоящие из рыхлого материала, в отношении оползней могут быть приравнены к делювию. При известной высоте в них также могут появляться оползни.

Оползни коренных пород появляются на крутых склонах при условии: 1) хотя бы слабого уклона пластов или трещин в сторону долины, т. е. согласно склону; 2) наличия водонепроницаемого слоя или

скользкой поверхности и 3) наличия достаточного количества грунтовой воды, хотя бы временного, напр., от сильных дождей или промачивания коренных пород рекой, омывающей склон во время половодья. Вода, проникающая сверху или сбоку в водопроницаемые породы, увеличивает их вес; она же, стекая по поверхности водоупорного слоя, в особенности если слой глинистый, смачивает ее или даже взмыливает и делает скользкой; при слабом уклоне в сторону долины этого достаточно, чтобы вышележащие массы пришли в движение и начали ползти по скользкой поверхности. Но в глинистых и глинисто-песчаных породах при благоприятных условиях оползни могут образоваться и при горизонтальном положении слоев и даже при обратном наклоне их, т. е. вглубь склона. В таких породах отделившаяся масса сползает не по плоской, а по кривой поверхности, не совпадающей с плоскостью напластования, но поднимающейся полого вверх и оканчивающейся более круто или даже отвесно. Проф. Павлов дает такое объяснение образованию этой кривой (фиг. 7). Массив *A*, вес которого увеличен пропитыванием водой, не может сползти по горизонтальной плоскости *kl*, но может сползти по наклонной *km*, так как в этом случае силу тяжести, приложенную в центре тяжести *o*, можно разложить на две слагающих, одну перпендикулярную к *km*, другую параллельную ей *ov*, которая и приведет массив в движение, если она преодолеет трение основания массива по *km* и сцепление частиц по плоскости *rm*. Массив *B*, лежащий глубже, подпирается массивом *A*; следовательно, для того, чтобы он мог придти в движение, слагающая *o'v'* должна быть больше для преодоления веса массива *A*, т. е. плоскость скольжения *mn* должна иметь больший уклон, чем *km*. В массиве *C* плоскость скольжения *np* будет наклонена еще круче, а в массиве *D* она уже может выйти на поверхность, обусловив отрыв всей совокупности массивов. Представляя себе массивы, на которые мы расчленяем массу оползня, гораздо более тонкими и многочис-



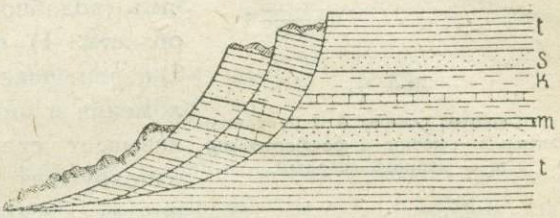
Фиг. 6.



Фиг. 7.

ленными, мы получим поверхность отрыва и скольжения оползня не в виде сменяющих друг друга прямолинейных плоскостей, а в виде плавно поднимающейся с увеличивающимся уклоном кривой, оканчивающейся крутым или отвесным отрывом. Такова, действительно, нижняя поверхность, или базис, оползня в мягких глинистых или глинисто-песчаных породах. Устойчивость склона, кроме угла его откоса, зависит от угла внутреннего трения породы и ее связности (см. руководство Редлих-Терцаги-Кампе, стр. 410, глава IX).

Кривая скольжения оползневых масс, морфологически напоминающая нормальную кривую эрозии рек, имеет описанную правильную форму, повидимому, лишь при полной однородности пород. Но в случае пород различных плотности, твердости и водопроницаемости в оползающем склоне правильность кривой сильно нарушается, и в ложе оползня появляются уступы, разделяющие общую вогнутость на несколько частей меньших размеров и глубины. Таким образом, на крутых и высоких склонах могут возникать двух-, трех- и многоярусные оползни. Подобная картина была обнаружена при детальном исследовании волжского косогора в гор. Ульяновске (б. Симбирск) Е. В. Милановским и И. С. Рогозиным, ранее изученного акад. А. П. Павловым, который на основании небольшого числа разведочных скважин и шурфов дал схему строения оползней (фиг. 8); на нем видно, что главная масса их представляет клиновидные участки косогора, оторвавшиеся от коренного берега и соскользнувшие по плавной кривой, причем пласты в общем сохранили свое залегание и приобрели только, благодаря скольжению по кривой, наклон вглубь берега. Наибольшая мощность оползневых масс оказывается в верхней и средней части оползня. Эту схему на основании указанных исследований, опирающихся на многие десятки глубоких и мелких буровых скважин, шурфов и естественных разрезов, приходится изменить. Наиболее существенные выводы следующие:



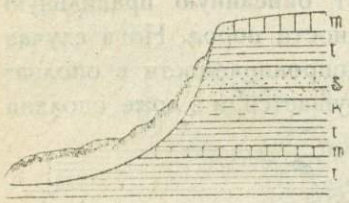
Фиг. 8.

1. Отрыва и сползания клиновидных участков, захватывающих весь косогор от бровки до подножия, согласно схеме Павлова, не наблюдается. Только в верхней части косогора отрываются и сползают клиновидные участки сравнительно не большой величины.

2. Оползневые массы состоят не из клиновидных участков, представляющих результат однократных смещений, а из месива различных пород, смещавшихся разновременно. Крупные глыбы, сохранившие первоначальное строение (слоистость, порядок напластования) встречаются преимущественно в верхней части оползней и в их наиболее молодых частях. Ближе к подножию преобладает сложное месиво, а встречаю-

щиеся иногда крупные глыбы являются, повидимому, весьма древними оползнями, обычно перекрытыми материалом позднейших смещений.

3. Глинистые и песчано-глинистые оползневые массы обычно сильно выветрены, изобилуют трещинами, зеркалами скольжения, местами имеют строение брекчий, напоминающих дислокационные глинистые брекчии [1]); Пестрота окраски, ржавые, бурые, оранжевые пятна, примазки и выцветы различных окислов и солей, рыхлость, трещиноватость, отсутствие правильной слоистости резко отличают типичные оползневые массы от коренных несмещенных пород.

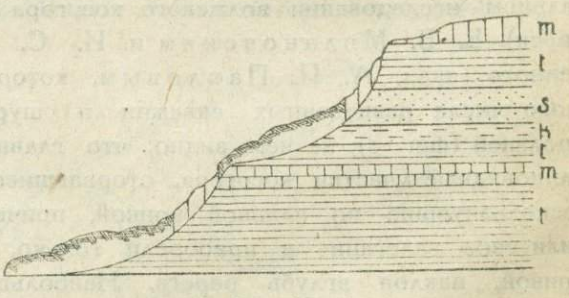


Фиг. 9.

t — плотные глины; *k* — песчаные глины; *s* — пески с фосфоритами; *m* — мергель твердый.

4. В типичных и нормальных случаях мощность оползневых масс увеличивается к нижней части оползня. В каждом оползневом бассейне можно различить (подобно тому как в речном) три области: 1) отрыва или уноса вверху 2) перемещения в средней части и 3) отложения в нижней (фиг. 9). Фиг. 9 показывает схему строения нормального одноярусного и фиг. 10—двухярусного оползня в условиях Ульяновского косогора.

5. Изучение оползневой зоны в плане (фиг. 11) показывает, что она не представляет непрерывную ленту, а состоит из ряда полуцирко-образных впадин-бассейнов, разделенных мысами. Последние в верхней части являются не смещенными выступами косогора, а в нижней перекрыты оползневыми массами.



Фиг. 10.

t — плотные глины; *k* — песчаные глины; *s* — пески с фосфоритами; *m* — мергель твердый.

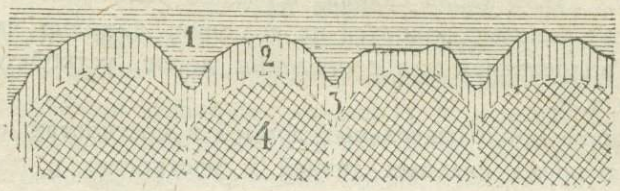
6. Исследование морфологии и характера деятельности оползней позволило разбить их на несколько групп, различных по внешним признакам, условиям образования и особенностям их жизни, с чем связано и разнообразие методов борьбы с ними.

Эти главные выводы приложимы к большим пространствам правобережья Волги, страдающего от оползней, развивающихся в сходных, а местами в совершенно аналогичных условиях.

При движении вниз масса оползня разбивается трещинами вслед-

[1]) См. статью П. П. Пилипенко о подобных брекчиях в оползнях в „Изв. Ассоц. Н. Иссл. Инст. при 1-ом МГУ“, в. 2, *1929*, а также статью: Шатский, Н., Жуков, М., Милановский, Е., Руженцев, Д. „Дислокационные брекчии и грязевые вулканы в Азербейджане“, „Бюлл. Моск. О-ва Исп. Прир.“, Отд. Геол., VII, в. 1—2, *1929*.

ствие разных внутренних сопротивлений на отдельные более или менее крупные глыбы, напирающие друг на друга, благодаря чему поверхность его становится неровной, на ней образуются выпуклости и впадины и некоторые глыбы получают даже обратный уклон. Такая неровная поверхность с впадинами и обратным уклоном некоторых уступов очень характерна, называется „оползневым рельефом“ и позволяет констатировать старые оползни, давно остановившиеся, с закрывшимися и зарос-



Фиг. 11.

1 — коренной массив; *2* — стенка отрыва; *3* — мысы; *4* — оползневые массы.

133

шими трещинами (фиг. 12). Если большой оползень нижним краем сползает в воду (реки, озера, моря), то давлением его массы мягкие пропитанные водой наносы выпираются вверх, образуя отдельные холмики или грядки или целую площадь с холмистой поверхностью, поднимающуюся даже над уровнем воды (фиг. 12).

216

В массивных породах и твердых толстослоистых или неслоистых осадочных (некоторые известняки, кварциты, песчаники, конгломераты)

Фиг. 12.

причиной оползней являются трещины, падающие согласно уклону склона, по которым может просачиваться грунтовая вода, делающая поверхность трещины скользкой; этому способствуют отложения глины по трещинам, а также хлоритизация, каолинизация, серпентинизация, отталкование некоторых пород. Оползни этих пород обыкновенно вызываются подрезанием склона рекой, морем или человеком, но большею частью переходят в обвалы.

Естественные и искусственные причины оползней. Медленное сползание, вернее оседание, делювия на склонах обусловлено самой консистенцией этой породы; оно усиливается и может сделаться вредным для растительного покрова и сооружений при некоторых особых обсто-

Геологических Наук Арм. ССР Библиотека

ятельствах—чрезмерном пропитывании водой благодаря особенно обильным дождям или снегам, появлении на склоне нового источника или же при нарушении толщи делювия на нижней части склона подмывом рекой, бурным потоком, прибоем озера или моря. Человек создает эти особые обстоятельства на горных склонах пастьбой скота, вырубкой леса и кустов, проложением дорог, неумеренной поливкой почвы садов и огородов, спуском излишней воды по незакрепленным канавам или проведением подобных канав вдоль склона, а также тяжелыми сооружениями, если фундамент таковых покоится на делювии; нижнюю часть склонов он нарушает подрезанием для проведения дорог, устройства площадок для зданий и т. п.

После очень продолжительных дождей в местностях с умеренным климатом и во время сильных ливней в местностях с полусухим или сухим климатом мощные накопления делювия на склонах могут превратиться в грязевые потоки, рассматриваемые в следующей главе. Сильные землетрясения также являются причиной крупных оползней как делювия, так и коренных пород на более или менее крутых склонах.

В коренных породах образованию оползней благоприятствуют некоторые стратиграфические и гидрогеологические особенности. Крутые склоны особенно подвержены оползням, если сложены глинистыми породами с прослоями водоносных песков.

Песчаники, известняки, мергели, мел и пр., залегающие на глинах, являющихся водоупорным горизонтом, также часто сползают по скользкой, размякшей от воды поверхности глины. В этих случаях не нужно особенно большого количества воды; даже слабые водоносные горизонты, слегка смачивающие поверхность глины, вызывают оползневые подвижки. Большую роль, помимо подземных вод, играют и атмосферные осадки, если по условиям рельефа они имеют возможность застаиваться на поверхности склона. Роль этих осадков становится особенно значительной на склонах, уже нарушенных оползнями, изобилующих трещинами, разрывами, имеющих многочисленные впадины и просадки. На таких склонах нередко образуются разжиженные водой участки, подземные резервуары жидкой грязи, представляющие громадную опасность в отношении возобновления оползневых явлений в крупном масштабе.

Это замечание касается и склонов, сложенных из делювия.

Подмывание склона внизу и вышеуказанная деятельность человека способствуют развитию оползней как в коренных породах, так и в делювии.

Предохранительные и защитительные меры вытекают из вышеизложенного: на крутых горных склонах, на которых уже началось образование оплывин или которым это явление угрожает, должна быть прекращена пастьба скота и рубка леса; избыток воды необходимо отвести в сторону по трубам или водонепроницаемым канавам; поливка садов и огородов должна быть строго урегулирована и спуск воды производиться по водонепроницаемым канавам. Срезанные или подмытые части склона укрепляются подпорными стенками, плетнями или задернованием в за-

висимости от их высоты, качества почвы и объема масс, которые могут придти в движение. Дефекты водопроводной сети (разрушение которой в революционное время было главной причиной сильного развития оползней в Алупке в Крыму) должны быть устранены.

Защитительными мерами для борьбы с развившимися уже оползнями, кроме вышеуказанных, являются: проведение водосборных канав и галлерей в толще делювия или коренных водоносных пород выше угрожаемой части склона для перехвата всей грунтовой воды; запрещение постройки тяжелых зданий и сооружений впредь до полного каптажа подземных вод в данной местности, а на сползших массах—навсегда; углубление фундамента подобных зданий до коренных, неразрушенных пород; заполнение зияющих трещин в сползших массах утрамбованной глиной для устранения проникновения большого количества дождевой и снеговой воды вглубь. Горные склоны, уже обнаженные оползнями, укрепляются устройством низких плетней на небольших расстояниях друг от друга вдоль по склону; за плетнями насыпается земля и склон разбивается ими на ряд небольших уступов, препятствующих быстрому скату воды и размыву; уступы и откосы между ними задерновываются и засаживаются кустами и саженцами деревьев.

Задачи геолога. Встречаясь с явлением оползней в исследуемой местности, геолог должен определить геологическое строение района. Выяснить, происходят ли оползни в делювии или в коренных породах, образуются ли в настоящее время и при каких обстоятельствах—после обильных дождей, снегов, при наводнениях или половодьях или вследствие той или иной деятельности человека. При этом в более серьезных случаях нельзя обойтись без разведки шурфами и буровыми скважинами для выяснения строения как сползших, так и неподвижных участков и положения водоносных горизонтов. Результатом исследования является предложение тех или иных предохранительных и защитительных мер, если оползни приносят тот или иной вред.

Специальные исследования в оползневых районах обычно предпринимаются в тех случаях, когда оползни вредят или угрожают опасностью каким либо важным и ценным сооружениям—зданиям, железнодорожным путям, туннелям, пристаням, мостам и пр. Это обстоятельство требует от геолога особой осторожности и крайней тщательности в постановке исследований. Совершенно необходимо предварительное изучение литературы по оползням данной местности, если имеются опубликованные материалы прежних исследований. К сожалению, большая часть материалов по оползням не опубликована, и геологу приходится собирать рукописные данные, хранящиеся главным образом в управлениях железных дорог, отделах коммунального хозяйства городов, заводоуправлений и т. п. С этими материалами следует тщательно ознакомиться до начала работ.

В программу специальных изысканий в оползневых районах должны входить следующие группы работ:

I. Топографические: съемка оползневого района, по возмож-

ности крупного масштаба, с тщательным изображением особенностей оползневого рельефа, на которые геолог должен обратить внимание топографа и разъяснить значение деталей поверхности, обусловленных оползневой деятельностью.

II. Изучение морфологии оползней. Геолог должен тщательно изучить оползневый рельеф исследуемого района и нанести на карту выделяемые им морфологические особенности: оползневые валы, бугры, уступы, впадины, трещины разрыва, оседания и выпучивания, мочажины и разжиженные места, заболоченности, пластовые выходы вод, родники, ключи, колодцы, разрушенные и поврежденные здания и иные сооружения. Каждое явление, зафиксированное и занумерованное на карте, должно быть описано в дневнике по возможности подробно.

III. Геологические исследования состоят в изучении строения коренного массива пород вне оползней и внутреннего строения оползневых масс, что достигается осмотром естественных и искусственных обнажений оползневого района и прилегающей местности, а также бурением и шурфовкой, которые совершенно необходимы. При помощи их и посредством нивеллировки естественных разрезов должна быть установлена нормальная схема залегания коренных и послетретичных отложений в оползневом районе и определены точные высотные отметки характерных „руководящих" горизонтов. Этот нормальный разрез необходим для сопоставления с результатами бурения в оползневой зоне, позволяя устанавливать факты смещения и нарушения залегания слоев, размеры смещений и пр. Буровые и шурфовочные работы должны также выяснить мощность оползневых масс в различных частях зоны, поверхности скольжения и форму ложа оползней, наметить границы последних, обнаружить древние, невыраженные в рельефе смещения, а также выяснить гидрогеологические особенности (см. п. IV).

План этих работ, наиболее дорогих и важных по результатам, должен составляться после изучения морфологии и естественных разрезов, причем особенное внимание должно уделяться порядку осуществления тех или иных разведочных работ, чтобы они могли дать ответ на определенные конкретные вопросы. Шурфы при оползневых изысканиях дают несравненно более точные и ценные результаты по сравнению с скважинами, так как позволяют изучать все особенности строения оползней, что составляет одну из основных задач исследования. Поэтому следует отдавать предпочтение шурфам, хотя на практике, к сожалению, по соображениям финансовым, техническим и пр. приходится пользоваться и скважинами. Бурение при оползневых работах должно быть организовано так, чтобы доставлять образцы не деформированные; поэтому применение промывки, змеевика, ударного бурения недопустимо. Измятость или неповрежденность пород, степень выветрелости, наличие или отсутствие трещин, перемешанность или чистота пород являются важнейшими признаками для различения в буровых образцах оползневых масс от коренных пластов.

IV. Гидрогеологические исследования должны осветить

вопросы распределения подземных вод в коренном массиве, число, мощность, характер и другие признаки водоносных горизонтов, а также условия попадания этих вод в оползневые массы и циркуляцию их в последних. На подробностях гидрогеологических исследований мы не останавливаемся, ссылаясь на соответствующие руководства.

V. Стационарные наблюдения над оползнями. Весьма важным средством изучения оползней являются стационарные исследования, так как динамика оползня не ограничивается его разрушительной деятельностью, с которой приходится бороться; в ней имеются периоды медленной подготовки в скрытой форме тех или иных внезапных катастроф. Для учета малозаметных деформаций грунта на склоне необходимо заложить сеть реперов с повторными инструментальными увязками через определенные промежутки времени. Такие сети заложены на оползневом волжском косогоре в Ульяновске, на черноморском берегу в Сочи и в разных местах южного берега Крыма.

Необходимы также стационарные наблюдения над режимом подземных вод, над поверхностным стоком, состоянием противооползневых сооружений (лотков, канав, дренажных галлерей и пр.) и деятельностью человека на оползневых косогорах. Может быть наиболее целесообразным мероприятием в целях борьбы с оползнями и их изучения явилась бы организация оползневых станций (аналогично метеорологическим, биологическим и пр.) и своеобразных „округов охраны“ тех или иных противооползневых сооружений.

В Швеции, очень страдающей от оползней благодаря широкому развитию мощных ледниковых наносов, в 1913 г. учреждена особая геотехническая комиссия, в задачи которой входит изучение оползневых участков на железных дорогах и выработка мероприятий для борьбы с оползнями и предупреждения их. У нас изучение оползней и борьба с ними организованы Геологическим Комитетом в Крыму, где существует управление по оползневым работам при ЦИК'е, на Волге и на кавказском берегу Черного моря (от Туапсе до Сухума). Собраны уже обширные материалы, выработаны меры борьбы и ведутся крупные противооползневые работы (см. список I, № 20, 2).

Весьма полезны для исследователя вышедшая недавно книжка Полака о движении связных и несвязных масс (№ 39 списка литературы), ознакомление с данными о хорошо изученном оползне Ульяновска (б. Симбирск) (№ 19 и особенно № 24), руководство Редлих-Терцаги-Кампе (гл. XI) и капитальный труд Терцаги о механике земляных сооружений (см. список, I, № 43).

Предвестником оползня в местности, подверженной этому явлению, служит образование новых трещин в почве или расширение старых, указывающее на начинающееся движение. По этим признакам могут быть быстро предприняты предохранительные и защитительные меры или, по крайней мере, предупреждено население в зданиях, расположенных на угрожаемом участке. В местностях, которые по своему строению могут подвергаться оползням, необходимо геологическое исследование до воз-

ведения каких либо тяжелых сооружений на склонах для выяснения возможности таковых вообще или особых требований относительно глубины закладки основания. Небольшие трещины в почве, не доходящие часто до поверхности, обнаруживаемые при шурфовке, служат уже признаком неустойчивости грунта, который непременно придет в движение от дополнительной нагрузки.

Обвалы отличаются от оползней только быстрым движением масс, которые не ползут вниз по склону, а, оторвавшись, падают сразу или отдельными частями в короткие промежутки времени, при этом разбиваются на глыбы и нередко опрокидываются. Условия, благоприятствующие образованию обвалов, и причины, непосредственно вызывающие их, те же, что у оползней.

В рыхлых массах делювия и четвертичных наносов обвалы вызываются подмывом склона рекой или прибоем волн; в берегах рек, сложенных из рыхлых наносов, каждое половодье вызывает ряд обвалов подмываемых обрывов. На Аму-Дарье, часто меняющей свое русло, обвалы наблюдаются постоянно; то же бывает у всех рек, первые берега которых сложены из рыхлого материала. В коренных породах на крутых склонах обвалы обусловлены проникновением воды в трещины, падающие согласно склону; эти трещины не только смачиваются водой, но и расширяются постепенно ее растворяющим или размывающим действием и вышележащие массы, находящиеся в неустойчивом равновесии, теряют связь с более глубокими и, наконец, отрываются и падают (фиг. 13*А*). Как уже замечено, развитие хлоритизации, каолинизации, серпентинизации и т. п. в коренных породах делает поверхность трещин очень гладкой, способствуя скольжению. Непосредственной причиной, вызывающей обвал в таких условиях, является или увеличение веса отделившейся массы, напр., при сильных дождях или снегах (причем увеличивается и количество воды, проникающей в трещины), удар землетрясения или деятельность человека—подрезание склона ниже этой массы выемками дорог или устройством каменоломен (фиг. 13*Б*). Наконец, корни деревьев и кустов, проникающие в трещины скал и постепенно утолщающиеся, расширяют эти трещины и могут вызвать отрыв и обвал отдельных более или менее крупных глыб.

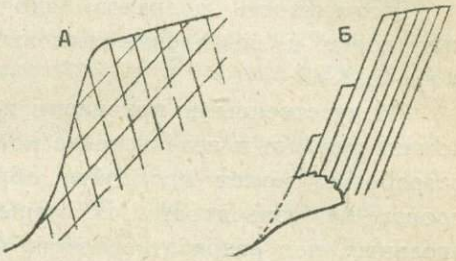
В качестве примеров больших обвалов с губительными последствиями, обусловленными деятельностью человека (неправильной закладкой каменоломен), можно назвать обвал в Швейцарии возле Эльма в кантоне Гларус в 1881 г. (10 млн. $м^3$), возле Айроло на Сан-Готардской ж. д. в 1899 г., на Рейне у Кауба в 1876 г. и около Зальцаха в 1875 г. (от неосторожного проведения тоннелей); землетрясением был вызван огромный Усойский обвал на р. Бартанг на Памире в 1911 г., загородивший большую долину и создавший в ней озеро; в нем сместилось больше сползанием, чем падением, 6 мрд. т камня.

Землетрясения 1887 и 1910 гг. в цепях Сев. Тяньшаня в районе гор. Алма-Аты (б. Верный) сопровождались образованием многочисленных обвалов и оползней, превращавшихся в оплывины—грязевые по-

токи; те и другие погубили много людей и скота, захваченных врасплох в горных долинах (см. список в конце главы XII, II, №№ 1 и 4).

Предвестником готовящегося обвала является образование новых трещин или расширение старых, происходящее иногда задолго до катастрофы. По Гейму, в горах можно установить даже соотношение между характером трещин и размером обвала; при возникновении многочисленных длинных трещин, расположенных рядами, можно ожидать сравнительно небольшой обвал; при образовании же среди них одной большой и непрерывной трещины угрожает обвал крупных масс. Перед наступлением катастрофы трещины расширяются, начинается падение отдельных камней и слышен шум и треск из-под земли.

При изучении древних и современных обвалов задачей геолога является определение их объема, характера смещения масс и его вероятной причины, а также изучение вопроса, не угрожает ли в том же месте новый обвал и какие меры могут быть приняты для его предотвращения или для защиты населения. В частности закладке каменоломен на крутых склонах должен был бы предшествовать осмотр места геологом для выяснения их безопасности в отношении подготовки условий для обвала вышележащих масс. Возможность обвалов нужно иметь в виду и при проведении глубоких выемок в коренных породах, что будет рассмотрено в главе XVII.



Фиг. 13.

Провалы земной поверхности являются результатами оседания или обрушения слоев почвы в подземную пустоту и представляют различных размеров ямы, то правильно воронкообразные, то только приближающиеся к воронке. Провалившаяся площадь состоит из перемешанных слоев различных горизонтов или из слоев, разбитых трещинами и с разнообразными смещениями отдельных частей относительно друг друга в виде сбросов, взбросов, надвигов и сдвигов; местами сдавленные части представляют складки; иногда при медленном оседании на небольшую глубину в осевшей площади образуются только слабые изгибы в более пластичных породах и сети трещин в более твердых и хрупких. Если в стенках провала обнажится водоносный горизонт или если дно осевшей площади опустится ниже уровня грунтовых вод, то провал может заполниться водой и превратиться в озерко.

Причины провалов естественные и искусственные. Естественные провалы образуются в местностях, где на небольшой глубине под поверхностью залегают легко растворимые породы—гипс, каменная соль, известняки—в которых подземная вода постепенно может создать пустоту. Когда свод этой пещеры будет проеден до вышележащих более рыхлых, неустойчивых пород или даже если он станет слишком тонким и не может более выдерживать давление вышележащей толщи, происхо-

дит быстрый провал или медленное оседание; первый—в случае пород рыхлых, мало связных, второе—в случае более связных, напр., толщ глины. Кроме того, быстрота зависит от размеров пустоты.

От естественных провалов страдают в особенности местности так называемого карста с обширным развитием известняков или гипса на небольшой глубине. В европейской части Союза провалы многочисленны в губерниях Псковской, Тульской, Рязанской, Нижегородской, Пермской, Уфимской, Оренбургской, в районе Илецка (залежи соли), на Крымской Яйле и на Ергенях. Многочисленные маленькие озера Двинско-Онежского водораздела, часто заполняющиеся водой только весной, являются провальными; там же много и „опадей", т. е. земляных воронок. Подобные же озера распространены в Тульской, Нижегородской и Олонецкой губерниях.

Возможность провалов надо иметь в виду при проведении железных дорог и возведении тяжелых сооружений, о чем будет сказано в главе XVII.

Искусственными причинами провалов являются подземные каменоломни, рудники и артезианские колодцы. В каменоломнях, при обширной разработке, может произойти обрушение кровли, влекущее за собой провал на поверхности. В старых рудниках, в особенности каменноугольных, при разработке полого падающих пластов, выработанные площади постепенно при сгнивании крепи подвергаются оседанию кровли, а еще чаще обрушение последней производится нарочно с выемкой большей части крепи ради экономии леса. Если пласты очень мощные или работается несколько пластов один над другим, то обрушение кровли их в конце концов вызывает оседание вышележащих толщ, распространяющееся до поверхности и создающее провалы или опускание более или менее значительной площади, гибельно отражающееся на сооружениях. И в этом случае осевшая или провалившаяся площадь очерчивается трещинами и разбивается на участки, смещающиеся относительно друг друга; по окраинам ее иногда происходит вздутие почвы в виде складок.

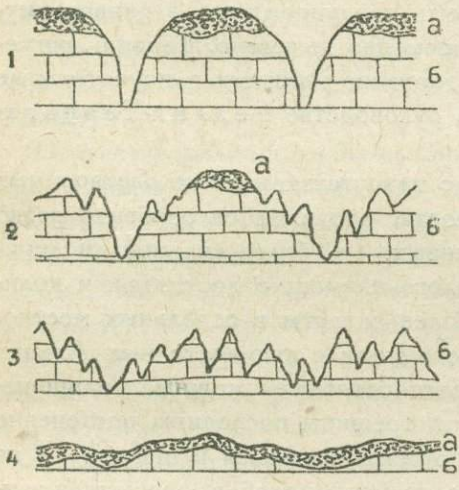
Артезианские колодцы, извлекающие большое количество воды из водоносных горизонтов, также иногда обусловливают провалы или оседания почвы, причиняющие повреждение зданий, как напр., в Брянском арсенале. В Шнейдемюле, в Познани, осела площадь в целый гектар в центре городка вследствие того, что буровой скважиной была встречена так называемая водяная подушка—обширная чечевица плывуна на глубине 64 м, находившаяся под большим давлением; фонтан воды с песком и галькой быстро опорожнил ее и обусловил провал, из-за которого разрушились 14 домов. Такие подушки или горизонты плывунов могут быть встречены под обширными долинами или низменностями с мощной толщей аллювия и, если они залегают на небольшой глубине, могут обусловить оседание полотна железной дороги, устоев мостов или стен зданий. В подобных местностях необходимо исследование грунта бурением до возведения тяжелых сооружений.

При изучении провалов и их последствий, которые могут выразиться в повреждении различных сооружений, садов, пашен, в исчезновении источников воды или появлении новых, геолог должен выяснить причины явления, определить, не может ли провал повториться и в этом случае предложить предохранительные и защитительные меры, напр. прекращение обрушения кровли в подземных выработках, заполнение существующих уже пустот закладкой, ограничение выкачивания воды из артезианской скважины или даже полное закрытие ее и заложение новой в безопасном (для сооружений) месте, затем каптаж нового источника, спуск воды из образовавшегося озера, засыпку провала и т. п. Если провал угрожает дальнейшим развитием, о чем можно судить по новым, образующимся по периферии трещинам и вздутиям почвы, то жители угрожаемых зданий должны быть предупреждены, а ценное имущество, напр., машины, склады, своевременно вывезено. Теорию движений почвы в связи с подземными горными работами и поучительные примеры оседаний и провалов см. в руководстве Редлих-Терцаги-Кампе (стр. 446—465).

Карстовые явления, связанные с присутствием легко растворимых горных пород вблизи земной поверхности, проявляются особенно резко при обширном распространении таковых, их более сильной дислоцированности и при условии более теплого климата с достаточным количеством осадков. Поэтому они наиболее развиты в отдельных местностях по северному берегу Средиземного моря в юго-восточных Альпах и у нас в Крыму, где регионально распространены мощные толщи известняков. Грунтовая вода проникает в трещины последних, постепенно расширяет их, создает ветвистые подземные каналы и пещеры, а на поверхности воронки и провалы, мало по малу преобразующиеся в замкнутые котловины и долины. При быстром уходе грунтовой воды в коренные породы, почва и после продолжительных дождей скоро высыхает, а смыв почвы водой в воронки и трещины обнажает разъеденную поверхность горных пород на более или менее значительных площадях. Реки и ручьи исчезают, превращаясь в подземные. Поэтому карстовые районы отличаются безводием, отсутствием леса или скудостью его и бесплодием. Только местами на дне котловин и долин, где подземные трещины заполнились глиной и перестали быстро пропускать воду, почва не иссушается и среди пустынного ландшафта появляются зеленые оазисы; иногда в них дело доходит даже до заболачивания почвы стекающими со склонов водами и дообразования временных или постоянных озер.

Карстовые районы переживают несколько стадий развития (фиг. 14 или фиг. 98); в юной стадии грунтовые воды движутся глубоко под поверхностью по сети узких каналов и еще мало влияют на рельеф, но почва постепенно иссушается. По мере расширения трещин появляются провалы, воронки и оголенные площадки коренных пород; эти явления постепенно усиливаются и учащаются, реки исчезают, развиваются котловины и слепые долины, склоны все более обнажаются, на них по-

являются трудно проходимые поля карр, а дно долин покрывается слоем красной глины, смытой со склонов и представляющей собой остаток от растворения известняков, окрашенный красной гидроокисью железа, развивающейся благодаря сильному нагреванию почвы лучами солнца. Это зрелая стадия карста. Затем с дальнейшим развитием процесса водораздельные высоты все более понижаются, острые гребни карр сглаживаются, поверхность карста опускается почти до уровня грунтовых вод и вертикальная циркуляция последней заменяется горизонтальной, с выработкой нормальной сети долин с малым падением. В этой старческой стадии поверхность карста может получить характер почти-равнины с одинокими возвышениями—останцами. Поднятие местности или понижение уровня грунтовых вод может восстановить первоначальные условия и карстовый район снова будет переживать все три стадии развития.



Фиг. 14.

В северной полосе европейской части СССР, где осадков много, зима, останавливающая просачивание грунтовых вод в верхние слои почвы, продолжительна, а дислокация коренных пород отсутствует или слаба, карст не может развиваться до зрелой стадии и вызвать безводие, бесплодие и пустынность; дело ограничивается образованием воронок, пещер, провалов большею частью превращающихся в болота или постоянные или временные озера, исчезновением рек на более или менее значительном протяжении, а при более высоком положении местности, напр., на Уфимском плоскогории Урала, также некоторым осушением почвы и развитием степной растительности.

Карст иногда бывает „подземный", именно если растворимые породы покрыты толщей пластов нерастворимых, на которой отражается в той или другой степени образование пустот на глубине (см. Пенк, № 13 списка).

Встречаясь с карстовыми явлениями в исследуемой местности, геолог должен выяснить их характер, причины возникновения и стадию развития. При специальных исследованиях карста необходимо, конечно, предварительно познакомиться со специальной литературой и снарядиться соответствующим образом. Вопросы, на которые нужно ответить при общих исследованиях, таковы:

1) Состав и условия залегания коренных пород, обусловливающих карстовые явления; 2) степень развития этих явлений: а) воронки, их размеры, обилие, обнаженность и зарастание; б) провалы, время их появления, размеры, обилие, состав дна и боков, заболоченность или за-

топленность; в) условия исчезновения ручьев и рек и появления их; г) оголенные и карровые площади, их размеры, уклон и характер поверхности; д) котловины и слепые долины, количество их, размеры и расположение по отношению к условиям залегания коренных пород; характер дна и склонов, почва и растительность.

В зависимости от совокупности всех этих характерных черт можно будет сделать вывод о стадии развития карста в данной местности и дальнейшей судьбе ее.

Выцветы солей на поверхности почвы и образование защитных (пустынных) корок, также обусловленные деятельностью грунтовой воды, рассмотрены в главе XII.

Пещеры характеризуют не только карстовые районы, но встречаются повсюду, где имеются более растворимые породы, хотя известны кое-где и в трудно растворимых. Они представляют интерес для геолога как сами по себе, так и потому, что нередко содержат отложения четвертичного периода с более или менее обильными остатками фауны и первобытного человека. Встречаясь с пещерами, геолог определяет: в какой породе они образовались; какую имеют форму и размеры; как расположены по отношению к плоскостям напластования, к господствующим системам трещин и к уровню грунтовых вод, являются ли одиночными или состоят из ряда отдельных пустот, связанных проходами; имеются ли отложения сталактитов или сталагмитов, туфа или льда; не вмещают ли они подземные озера и реки; какую температуру имеет вода в озерах, реках или источниках; состав воды (минеральная, пресная), глубина и размеры озер или рек; каким животным пещера служит жилищем?

Если дно пещеры представляет рыхлые наносы, то при раскопке таковых необходимо вести работу очень тщательно и аккуратно, снимая нанос тонкими слоями в 1—2 см по всей площади или в избранном для раскопки месте и выбирая из каждого слоя отдельно все находящиеся в нем кости, изделия и другие остатки, которые не должны смешиваться с остатками других слоев и получают отдельный номер или букву; образец самой почвы тоже должен быть взят. Все собранное аккуратно упаковывается и место сбора отмечается на плане пещеры, составляемом при помощи компаса и рулетки.

Так как в пещерах в большинстве случаев темно, то необходимо иметь для осмотра их достаточное количество свечей или ацетиленовый фонарь; для пещер, содержащих озерки и реки, нужны: складная лодка, лот для измерения глубины и термометр. Иные пещеры начинаются на поверхности вертикальным колодцем, иногда очень глубоким; у других горизонтальные или наклонные камеры соединяются друг с другом вертикальными или крутыми проходами. Поэтому необходимы веревочные лестницы или веревки с узлами.

На стенах пещер иногда попадаются надписи или рисунки, нанесенные краской или выбитые в скале древними обитателями ее; желательно, чтобы они были срисованы или лучше сфотографированы при

магниевом освещении. Если рисунки неясны вследствие покрывающей их пыли или копоти, то можно попытаться смыть их, что полезно также в виду бо́льшей четкости снимка влажной стены; рисунки, выдолбленные или врезанные в скале, можно сделать более отчетливыми для снимка, если запылить всю стену тонким порошком белого мела (напр., зубным), а затем стереть его мокрой тряпкой с промежутков между знаками и линиями; в углублениях последних белый порошок останется и они будут видны гораздо лучше. Но реставрировать самому стертые или сглаженные части надписей или рисунков ни в коем случае не следует.

В некоторых пещерах замечается конденсация влаги из воздуха даже в теплое время года в виде снега или льда; иногда она ограничивается тем, что на стенах осаждается слой инея, состоящий из наблюдаемых в снежинках нежных ледяных кристаллов, иногда же стенки, пол и своды пещеры покрываются льдом в виде сталактитов и сталагмитов, постепенно сливающихся в сплошные массы, или же просто ледяной коркой, постепенно нарастающей; лед наблюдается или по всей пещере, или в отдельных частях ее, покрывает и пол, и своды, и стенки или ограничивается только полом, полом и сводом, только той или другой стенкой. Толщина ледяной корки, сталактитов и сталагмитов также весьма различна. Такие пещеры называются пещерами-ледниками и известны как на севере, так и на юге, напр., в Крыму и на Кавказе, как в области развития вечной мерзлоты, напр., пещеры на р. Мае в Якутской области, так и вне ее.

Встречаясь при исследованиях с пещерой-ледником, геолог должен, если имеет для этого время, определить: 1) план пещеры; 2) характер оледенения ее—иней, сталактиты, натеки, сплошная корка; 3) распределение оледенения; 4) связь его с просачивающейся по трещинам водой, выражающаяся в развитии сталактитов или натеков в определенных местах или отсутствие такой воды; 5) температуру и направление движения воздуха в разных частях пещеры как под сводом, так и у пола и в промежутке.

Если пещера находится вблизи жилого места или посещается охотниками, пастухами или служит для добычи льда, то необходимо собрать расспросные сведения: в какое время года замечается нарастание льда и, наоборот, таяние его; нет ли зависимости между этими явлениями и состоянием погоды; не замечается ли развитие льда в определенные годы в связи с особенно холодными зимами, влажным летом и сокращение его в другие; всегда ли пещера была ледником или стала им на памяти людей в связи с какими нибудь работами, образованием новых трещин и ходов, расширением устья или сужением его от обвалов и т. п.

Эти данные и наблюдения позволяют выяснить причину образования льда, которая, как видно из литературы [см. список IV, №№ 2, 3, 4—6, 16, 17, 18 (обширный фактический материал), 19, 22, 25 и карст № 1], не всегда одна и та же. В иных случаях ею является просачивающаяся по трещинам вода в связи с низкой зимней температурой мест-

ности. В других случаях образование льда происходит, главным образом, летом благодаря циркуляции влажного воздуха и понижению температуры его вследствие испарения влаги (Федоров). Если пещера имеет ходы или трещины, выходящие наружу значительно выше, чем ее устье, циркуляция воздуха летом и зимой должна иметь разные направления и зимой лед будет нарастать, а летом испаряться (Листов).

Главнейшая литература

I. Оползни и обвалы

1) Архангельский, А. Д. Отзыв об устойчивости берегов Волги в Царицыне, Банновке, Ровном, Вольске, Хвалынске, Ставрополе, Симбирске, „Изв. Геол. Ком.“, № 3, прот. стр. 5—10, *1914.*

1а) Бернацкий, Л. И. Условия устойчивости земляных масс. Изд. НКПС, *1925.*

2) Борисяк, А. и Фохт, А. Исследования на 933—934 в. Курско-Харьково-Севастопольской ж. д. для выяснения причин оползания пути, „Изв. Геол. Ком.“, прот. 51—60, *1911.* Заключения — там же, № 5, прот. 135—177, *1913.*

3) Борисяк, А. О горных обвалах в Крыму. Сборн. пам. И. В. Мушкетова, 195—221. СПБ., *1905.*

4) Бронников, М. Отчет по исследованиям Вольского берега р. Волги. С 2 табл. „Изв. Геол. Ком.“, № 3, прот. 35—52, *1910.*

5) Васильевский, П. М. О научно-исследовательских работах в оползневых районах южного берега Крыма. „Вестн. Геол. Ком.“, № 3, *1929.*

6) Висконт, К. Об оползнях близ г. Ялты зимой 1906 г. С 1 табл. Ежег. Геол. и Мин. Росс., XI, 134—145, *1909.*

7) Державин, А. Об обвале в г. Курске 31 июля 1901 г. Зап. Мин. О-ва, 39, в. 2, прот. 56—58, *1902.*

8) Заключения и записки о причинах оползней на 933—934 в. линии Курско-Севастопольской ж. д. „Изв. Геол. Ком.“, в. 5, прот. 135—177, *1913.*

9) Ивченко, И. И. Оползни у курорта Кавказская ривьера в Сочи и в устье Мацесты. „Вест. Геол. Ком.“, № 4, 45—48, *1925.*

9а) Каракаш, Н. И. Оползни южного берега Крыма. Тр. СПБ. Общ. Ест., XLIII, в. 1, СПБ., *1912.*

10) Козменко, А. Провальные оползневые и эрозионные образования СВ части Новосильского уезда, Тульской губ. „Землев.“, кн. 3, 1—39; кн. 4, 1—62. М., *1909.*

11) Крымские оползни (работы комиссии в 1924 г.) „Изв. Геол. Ком.“, № 2, 135—138, *1925.*

12) Милановский, Е. В. О плиоценовых оползнях Сызранского Поволжья. Бюлл. Моск. О-ва Исп. Пр., Н. С. *36,* в. 2, 115—130, *1928.*

13) Мирчинк, Г. Ф. Оползни Городищенского уезда, Пензенской губ. М. (отд. отт., 2 стр.).

14) Михайловский, С. 1) О разведочных работах 1924—25 г. на Кучук-Койском оползне. „Вестн. Геол. Ком.“, № 4, 38—45, *1925.* 2) Гидрогеологические исследования в Кучук-Кое и Кекенеизе в Крыму. „Изв. Геол. Ком.“, № 3, 359—376, *1925.* 3) О водах и оползнях Лимен и Симеиза в Крыму. „Изв. Геол. Ком.“, № 5, 61—65, *1925.*

15) Он-же и Погребов, Н. Ф. Исследование оползней в районе Килен-бухты в Севастополе. „Изв. Геол. Ком.“, № 5, *1927.*

16) Мушкетов, Д. и Погребов, Н. 1) Оползни южного берега Крыма. „Изв. Геол. Ком.“, № 8, 169—177, *1924.* 2) Одесские оползни. Там же. 177—184. 3) Оползни Сочинского района. Там же, 184—192.

17) Никитин, С., Богословский, Н. и Лутугин, Л. Отзыв комиссии для осмотра оползней под г. Симбирском. Там же, 67—92, *1904.*

18) Нудельман, О. Оползни на Мало-Фонтанском побережье Одесского залива и средства к их устранению. Тр. 1 съезда деят. практ. геол. 1903 г., 237—256. СПБ., *1908.*

19) Павлов, А. П. 1) Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья. С 29 табл. Мат. позн. геол. стр. Росс. Имп., вып. II Изд. Моск. О-ва Исп. Прир., *1903.* 2) Циркообразные оползни. Тр. Геол. Отд. О-ва Люб. Ест., Антр. и Этн., т. 1. М., *1913.* 3) Заметка об образовании оползней в глинистых и песчано-глинистых породах. Прот. Моск. О-ва Исп. Пр., № 4, *1910.* 4) Оползни, обвалы и провалы. Москва, *1905.* 5) Оползни около Батраков на правом берегу р. Волги. М., *1907.*

20) Погребов, Н. 1) Отчет о геологических исследованиях в районе оползней ж.-д. пути между Сызранью и ст. Увек. „Изв. Геол. Ком.", № 10 прот. 473—507, *1914.* 2) Методы изучения оползневых явлений и установление программных требований для гидрогеологических исследований с целью борьбы с оползнями. Тр. 2 Всесоюзн. Гидрологич. съезда, ч. II, 495—512. Л., *1930.*

21) Преображенский, И. 1) Усойский завал. С 9 табл. Мат. общ. и прикл. геол., вып. 14. СПБ. Изд. Геол. Ком., *1920.* 2) О повреждении набережных в бухте Золотого Рога. Мат. Геол. и пол. иск. Д. В. № 53, Владивосток, *1928.*

22а) Семихатов, А. Участие оползней в образовании рельефа р. Курдюма и Чардыма Саратовской губ. Изв. Моск. Отд. Геол. Ком., I, 164—169, *1919.*

22б) Синцов, И. Об одесских оползнях и о причинах их происхождения. Зап. Новорасс. О-ва. Ест. *22,* в. 1, *1898.*

23) Спасо-Кукоцкий, А. Оползни южного берега Крыма, „Горн. Журн.", № 10, 851—858, *1925.*

24) Стопневич, А. Программа исследований оползней Симбирского косогора. „Изв. Геол. Ком.", № 7, прот. 283—299, 319—322, *1916* и № 3, прот. 31—33, *1917.*

25) Чарноцкий, С. Отчет о командировке на Подольскую ж. д. для исследования оползней. „Изв. Геол. Ком.", № 10, прот. 397—412, *1913.*

То же на Армавир-Туапсинской ж. д. Там же, № 9, прот. 328—373, *1914.*

26) Яковлев, Н. Об оползнях берега Волги в Царицыне. „Изв. Геол. Ком.", № 8, прот. 299—306, *1913.*

27) Феофилактов, К. Приднепровские оползни и обвалы в Киеве. Прот. Киевск. О-ва Ест., 21 дек. *1881.*

28) Эдельштейн, Я. С. Грандиозный горный обвал в Альпах. „Природа", № 2, *1929.*

29) Brandt, B. Über Erdfliessen im norddeutschen Flachlande, „Ztschr. Ges. Erdk.", Berlin, № 9, 697—715, *1914.*

30) Hartung, G. Das alte Bergsturzgebiet von Flims, Там же, XIX, 161—193, *1884.*

31) Helland, A., Steen, H. Der Erdfall bei Guldalen in 1345. Kristiania, *1895.*

32) Hug, I. Der Bergsturg am Türler See. Heim-Festschrift, *1919.*

33) Hovey, E. O. Note on landslides, Howe, E. 1) Landslides and sinking of the ground above mines. Congr. Géol. Int. Canada C. R. XII Séss., 775—778 и 793—796, *1913.* 2) Land slides on the San Juan mountains Colorado. U. S. G. S. Prof. Pap. 67, *1909.*

34) Kaestner, A. Ueber die Erdrutsche von Odessa, „Ztschr. prakt. Geol.", 309—314, *1899.*

35) Leuchs, K. Die Ursachen des Bergsturzes am Reintalanger (Wettersteingeb.). „Geol. Rundsch.", XII. H. 3/5, 189—192, *1921.*

36) Mac Donald, D. Excavation deformation. Congr. Géol. Int. Canada C. R. XII Séss., 779—792, *1913.*

37) Machatschek, F. Ueber Ursachen und Einteilungen einiger Massenbewegungen, „Pet. Mitt.", № 9, 150, *1912.*

38) Oberholzer, P. Monographie einiger prähistorischer Bergstürze in den Glarner Alpen. Beitr. geol. Karte d. Schweiz. N. F., IX, *1900.*

39) Pollack, V. 1) Ueber die Unzulänglichkeit der Untersuchungen ueber die

Beweglichkeit bindiger und nicht bindiger Massen; verbesserte Verfahren. „Ztschr. prakt. Geol.“, № 6, 89–94; № 7, 106—114, *1925.* 2) Die Beweglichkeit bindiger ind nicht bindiger Materialen. Abh. pr. Geol. II, Halle, *1925.*

40) Schwinner, R. Der Monte Spinale bei Campiglio und andere Bergstürze in den Südalpen. Mitt. geol. Ges. Wien, V, H. 2, *1912.*

41) Stamm, K. Schuttbewegungen. „Geol. Rundsch.“, II, 162—178, *1911.*

42) Stiny, I. Die Erdrutschungen des Jahres 1924 bei Monachil (Spanien). „Ztschr. f. Geomorphol.“, I, 54—58, *1925.*

43) Terzaghi, K. Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. Leipzig-Wien, *1925.*

44) Wegele, H. Erdrutschungen. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, I. Bd. 2, *1905.*

(См. также литературу в конце главы XII, II, №№ 3, 4, 6, 7, 13, 15 и главы XVII, II и Штини-Мушкетов, Техн. геология 144—150 и 258—269.)

II. Провалы

1) Куликовский, Г. Зарастающие и периодически исчезающие озера Обонежского края. „Землев.“, кн. 1, 17—46, *1894.*

2) Мазарович, А. Провалы и пещеры юго-восточной части Нижегородской губ. М., „Землев.“, *1913.*

3) Павлов, А. Оползни, обвалы, провалы. М., *1905.*

4) Тутковский, П. Полесские окна. „Землев.“, кн. 4, 29—82, *1899.*

5) Bülow. K. v. Der Erdfall an Gr. Pielburg-See im Kreise Neu-Stettin. „Ztschr. prakt. Geol.“, № 1, 14—15, *1926.*

6) Doss, B. Zwei neue Erdwürfe in Livland. „N. J.“. II, 17—32, *1913.*

7) Knox, G. Mining Subsidence. Congr. Geol. Int. Canada. C. L. XII Séss., 797—806, *1913.*

8) Pratt, W., Johnson, D. Local subsidence of the Goose-creek oil field. „Journ. Geol.“, № 7, p. 1, *1926.*

9) Schiller, W. Ueber Schichtenzusammensinken in Patagonien infolge von Unterwaschung, „Geol. Rundsch.“, XV, № 3, 215—223, *1924.*

(См. также пещеры, карст и литературу озер в конце главы XIII.)

III. Карст

1) Варсонофьева, В. А. Карстовые явления в северной части Уфимского плоскогорья. „Землев.“, кн. 4, *1915.*

2) Григорьев, А. А. К вопросу о влиянии растительности на процессы карстообразования. Там же, кн. 3—4, 114—123, *1922.*

3) Дитмар, Б. Исчезающая река Поникля. „Землев.“, кн. 3—4, *1905.*

4) Колмогоров, А. 1) Карстовая река Рагуша. Там же, кн. 1—2, 94—103, *1907.* 2) Два примера карстовых явлений. Там же, кн. 4, 50—60, *1913.*

5) Крубер, А. А. 1) О карстовых явлениях в России. Там же, кн. 4, 1—34, *1900.* 2) Гидрография карста. Сборн. в честь 75-летия Д. Н. Анучина, 215–297, М., *1913.* 3) Карстовая область горного Крыма. Прилож. к „Землев.“, кн. 1—2, 318 стр., *1915* (большой список литературы по карсту и пещерам). См. также его диспут на эту тему с замечаниями оппонентов. „Землев.“, кн. 3; 139—152, *1915.*

6) Михайловский, С. О некоторых карстовых явлениях на Яйле между Байдарской долиной и Ай-Петри. „Вестн. Геол. Ком.“, № 5, 65—69, *1925.*

7) Пархоменко, С. Чертов ручей (у Пскова). „Землев.“, кн. 3—4, 191—196, *1916.*

8) Соболев, Н. Н. О карстовых явлениях Онежско-Двинского водораздела. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, 35, в. 5, 482—502, *1899.*

9) Chaix Du Bois, E. 1) Le Silbern. 2) La topographie du désert de Platé 3) Contribution à l'étude des lapies en Carniole et au Steinernes Meer. Genéve, *1895, 1905, 1907.*

10) Cvijiê, J. Das Karstphänomen. Geogr. Abh. v. Penck. V, H. 3, Wien, *1894.*

11) Grund, A. Die Karsthydrographie. Там же, VII, H. 3, Leipzig, *1903* и „Pet. Mitt.", № 10, 204—206, *1912.*

12) Haefke, F. Karsterscheinungen in Südharz. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, 37, 77—106, *1926.*

13) Krebs, N. Neue Forschungsergebnisse zur Karsthydrographie. „Pet. Mitt.", 166—168, 263—264, *1908.*

14) Leiningen, W. Beiträge zur Oberflächengeologie und Bodenkunde von Istrien. „Nat. Zeit. f. Forst. u Landwirt", H. 1, 44 стр., *1911.*

15) Penck, A. Das unterirdische Karstphänomen. Belgrade. *1924,* 24 стр. (Rec. d. trav. off. Cvijic à l'occ. de 35 ans).

16) Teppner, W. Die Karstwasserfrage. „Geol. Rundsch.", H. 7, 424—440, *1913.*

17) Waagen, L. Grundwasser im Karst. Mitt. k. k. geogr. Ges. Wien. 54, № 5, *1911.*

18) Eckert, M. 1) Das Karrenproblem. Die Geschichte seiner Lösung. Leipzig, *1896.* 2) Die Karren oder Schratten. „Pet. Mitt.", 69—71, *1898.*

19) Кузнецов, И. Г. Озеро Церик-кёль и др. формы карста в известняках Скалистого хр. на Сев. Кавказе. Изв. Р. Геогр. Общ., в. 2, *1928.*

IV. Пещеры

1) Каптерев, П. О некоторых пещерах Пермской и Казанской губ. „Землев.", кн. 1—2, 169—177, *1913.*

2) Каракаш, Н. Кунгурская ледяная пещера на Урале. „Тр. СПБ. О-ва Ест.", № 1, *1905.*

3) Клепинин, А. Ледяная пещера Бузлук. Зап. Крымск. О-ва Ест. и Люб. Прир., II, Симферополь, *1912.*

4) Курдов, К. М. Заметка о пещерах-ледниках Южного Дагестана. „Землев.", кн. 3—4, *1905.*

5) Листов, Ю. Пещеры-ледники. Мат. для геол. России, т. XII, 175 стр. с 4 табл. СПБ., *1885.*

6) Новиков, М. Скельская пещера и ее фауна. Зап. Крымск. О-ва Ест. и Люб. Прир., 1, Симферополь, *1911.*

7) Петров, И. Крымские пещеры Иель-Хоба и Харанлых-Хоба. „Землев.", кн. 1—2, *1911.*

8) Сатунин, К. Экскурсия в пещеры Сухумского округа. „Изв. Кавк. Отд. Р. Геогр. О-ва", XXI, № 1. Тифлис, *1911—12.*

9) Федоров, Е. Заметка о Кунгурских пещерах. Мат. для геол. России, XI, *1883.*

10) Ферсман, А. Е. К минералогии пещер. „Природа", № 1—2, *1926.*

11) Черский, И. Отчет об исследовании Нижнеудинской пещеры (с картой и планом). „Изв. Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", VII, № 2—3, 78—112. Иркутск, *1876.*

12) Еленев, А. Сообщение о Бирюсинских пещерах. „Изв. В.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", XVII, № 3—4, 156—209, *1886* и XXV, № 2—3, 1—61, *1894,* Иркутск.

13) Bock, H., Lahner, G. u a. Höhlen im Dachstein und ihre Bedeutung für Geologie, Karsthydrographie und Theorie zur Entstehung des Höhleneises. 131 стр. Graz, *1913.*

14) Balch. 1) Ice caves and the causes of subterranean ice. Journ. Frankl. Inst. mars, Philadelphia, *1897;* 2) Glacieres or freezing cavernes. 337 pp. Philadelphia, *1900.*

15) Crammer, H. Eishöhlen und Windröhrenstudien. Abh. d. k. k. Geogr. Ges. Wien, I. H. 1. S. 15—76, *1899.*

16) Czoernig-Czernhausen, W. Die Eishöhlen des Landes Salzburg etc. Salzburg, *1924.*

17) Die Eisriesenwelt im Tennengebirge, Salzburg, von Angermann, Asal u. a. Speleolög. Monogr., red. G. Kyrle, VI, Wien, *1926.*

18) Fuger, E. Eishöhlen und Windröhren, I, II. Jahr. ber. d. Oberrealschule, Salzburg, *24* u *25, 1891—1892.*

19) Jarz, K. Die Eishöhlen bei Frain in Mähren. Pet. Mitt., *1882.*

20) Knebel, W. Höhlenkunde. Die Wiessenschaft, Samml. naturwiss. u mathem. Monographien, *1906.*

21) Kraus, F. Höhlenkunde. Wien, *1894.*

22) Lohman, H. Das Höhleneis unter besonderer Berücksichtigung einiger Eishöhlen des Erzgebirges. Dresden, *1895.*

23) Martel, E. Les abîmes. Paris. *1894.* 2) Sur les récentes éxplorations souterraines et les progrès de la spéléologie. Congr. Céol. Int. C. R. VIII, Paris, fasc. 1, 410—418, *1900.*

24) Rode, K. Zur Kenntniss von Höhlenprofilen. „Geol. Rundschau", XIX, № 1, *1928.*

25) Terlandey, E. 1) Meine Erfahrungen in der Eishöhle von Szilicza, „Pet. Mitt.", *1893.* 2) Sommereisbildung. Там же, *1896.*

26) Van den Broek, Martel et Rahir. Les cavernes et les rivières souterrains de la Belgique. Bruxellez, 2 vols, *1910.*

27) Wegner, T. Höhlenbildung in Sanden durch Grundwassersenkung. „Geol. Rundsch.", № 2, 26—29, *1917.*

28) Русаков, М. П. Естественные пещеры в пределах гористой части Киргизской степи. Изв. Р. Геогр. Общ., в. 1, *1927.*

(См. также карст №№ 1, 4, 10, 12 и 13.)

ГЛАВА XII

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОТОЧНЫХ ВОД

Подземная вода работает, главным образом, над разрыхлением земной поверхности, являясь одним из крупных агентов выветривания; продукты ее деятельности остаются на месте или перемещаются преимущественно в вертикальном направлении благодаря силе тяжести. Роль проточной воды значительно шире—она подхватывает приготовленный для нее другими агентами разрыхленный материал и уносит его на более или менее значительное расстояние в горизонтальном направлении, создавая новые геологические образования; но она создает этот материал и собственными силами, правда очень медленно и в небольшом количестве, подтачивая, размывая и растворяя более древние отложения своих берегов и своего русла. Изучение деятельности проточной воды поэтому распадается на наблюдения относительно размыва, переноса и отложения.

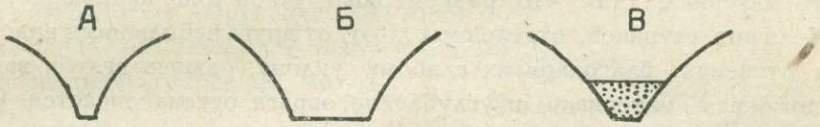
Смывание. Среди процессов размывания выделяют еще смывание (Abspülung, ruissellement), при котором струйки воды, скатывающиеся по уклону почвы, захватывают и уносят мелкие частицы, равномерно понижая поверхность; но этот процесс в чистом виде происходит только на абсолютно ровной поверхности почвы совершенно однородного состава или же равномерно закрепленной растительностью; всякая неровность поверхности, неоднородность состава почвы и неравномерность

растительного покрова обусловливают слияние мелких струй воды в более крупные, которые уже врезываются вглубь, т. е. производят размыв. Смыв создает только медленное нарастание почвы, сносимой с верхней части склона, на нижней и у подножия. Глинистые и иловатые породы при продолжительных дождях могут настолько насытиться водой, что при достаточном уклоне, несмотря на присутствие растительного покрова, приходят в движение и дают своеобразные оползни—оплывины чашеобразной формы с горловиной и конусом отложения или без них, уже рассмотренные в главе XI. Процессы же равномерного смыва и отложения изучены еще очень мало; для этого нужны очень длительные и точные наблюдения.

По новым исследованиям в Соед. Штатах плоскостной смыв даже на пологих, но распаханных склонах в течение немногих лет дает ощутительные, очень вредные результаты в виде уничтожения наиболее плодородного поверхностного слоя почвы, постепенно сносимого в овраги и реки. Благодаря смыву большие площади, которые только 40—50 лет подвергались обработке, успели сделаться бесплодными. Особенно вредна распашка вдоль склона (по уклону), способствующая образованию рытвин, превращающихся в овраги. Единственная предохранительная мера—террасирование склонов, к которому земледелие в Китае давно уже прибегло, так как имело дело с такой легко размываемой почвой, как лесс и с расчлененным, богатым оврагами рельефом. Геолог должен обращать внимание агрономов и земледельцев на вред, приносимый плоскостным смывом и на борьбу с ним. Опыты в штате Миссури показали, что с распаханного склона ежегодно в среднем смывается с одного акра 41 т почвы, а поглощается только 68% выпадающих осадков, тогда как на таком же склоне, заросшем травой смывается $^1/_3$ т, а поглощается 88% осадков (см. список 11, № 5).

Овраги представляют самый наглядный пример размывающей деятельности проточной воды в рыхлых породах—четвертичных, третичных, реже более древних. Условиями образования оврагов, кроме рыхлости пород, являются известный уклон местности и достаточное количество атмосферных осадков, сосредоточенных на небольшом промежутке времени. Мелкий длительный дождь не дает много воды для стока, она успевает впитываться в почву; быстрое таяние снега и ливни доставляют сразу много воды, которая должна скатываться и размывать. Овраг представляет речную систему в миниатюре, содержащую проточную воду только временно. Поэтому в оврагах мы можем различать те же области, как и в речных системах, т. е. сборный бассейн в верховьях, области размыва вглубь слабого и сильного, стока (и бокового размыва) и отложения. В области размыва поперечный профиль в виду мягкости пород—треугольный (фиг. 15 *А*), в области стока и отложения—корытообразный (фиг. 15 *Б*), вследствие бокового размыва, или же вследствие быстрого накопления осадков при резком развитии оврага вверх и перехода данного участка сразу из области размыва в область отложения (фиг. 15 *В*). Овраги бывают одиночные и ветвистые; одиночные имеют

одну вершину, ветвистые—две и более или даже целую систему боковых оврагов, соответствующих притокам реки. При быстром развитии оврага склоны его—более или менее обнаженные на всем протяжении, при медленном они обнажены только в области размыва, местами в области стока и успели уже зарасти в области отложения. На склонах оврага часто можно видеть оползни и обвалы различных размеров. Овраг, врезавшийся в водоносный горизонт, имеет уже проточную воду в виде ручейка, в областях стока и отложения нередко исчезающего в рыхлой почве дна. Если овраг перестал развиваться благодаря искусственным мерам, изменению климата, достижению верховьями более твердых пород,—склоны и дно его зарастают, он закрепляется; развивающиеся овраги называются деятельными или растущими. Некоторые так называемые балки на юге СССР, врезанные в рыхлые породы, представляют пример древних оврагов, закрепившихся в связи с изменением климата, но боковые ветви их нередко представляют растущие овраги.



Фиг. 15.

Если овраг врезается непосредственно в коренные породы или в последние под более или менее толстым слоем наносов, то при перемежаемости более рыхлых и более твердых слоев на дне оврага (тальвеге) образуются уступы, а при водоносности коренных пород также постоянные ручьи, работающие над разрушением уступов и перемещением их вверх по оврагу (см. список 1, № 5).

Вред, причиняемый деятельностью оврагов, состоит: 1) в уничтожении полей, огородов, садов и разрушении строений; 2) в усилении вредного влияния засух вследствие быстрого стока дождевой и снеговой воды с полей в овраг; 3) во вскрытии водоносных горизонтов и усилении стока грунтовой воды, что влечет за собой понижение ее горизонта в окружающей местности и также усиливает влияние засух; 4) в обмелении рек, в которые из оврагов выносится много мелкого материала.

Деятельные овраги особенно распространены в средней полосе европейской части СССР между Волгой и Днепром и заходят далеко на юг. В северной полосе развитие их гораздо слабее в связи с большей равномерностью осадков, медленным таянием снега и развитием в толще четвертичных отложений более вязких, труднее размываемых валунных суглинков и глин.

Встречаясь с растущим оврагом, геолог должен выяснить состав местности, изучить его на всем протяжении, дать характеристику его областей и водоносности, выяснить быстроту его роста по расспросам

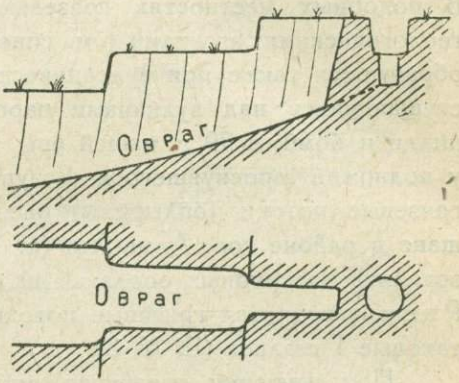
местного населения и причины усиления или замедления его развития, если таковое наблюдается, а затем предложить меры закрепления.

Прежде всего необходимо остановить развитие оврага во всех его верховьях, представляющих рытвины, постепенно или быстро расширяющиеся, углубляющиеся и продвигающиеся вверх. Эти рытвины засыпаются до верху материалом, пропускающим воду, но не размываемым ею, как то—мелкими прутьями, мятой соломой, стружками, навозом (последнее нерационально, так как заражает воду органическими веществами, попадающими затем в реки). Обнаженные склоны закрепляются пластинами дерна или пересекающимися рядами низкого плетня; в промежутки втыкают отрезки ветвей ивы или вербы, которые легко пускают корни, или же засаживают их пучками травы. Дно оврага в области размыва перегораживается низкими плетнями или стенками из плитняка или кирпича без цемента, расположенными, в зависимости от уклона, чаще или реже; они задерживают свободный сток воды, которая отлагает выше перегородок значительную часть переносимого ею мелкого материала, так что равномерный уклон дна превращается в ряд небольших ступеней, отделенных друг от друга небольшими водосливами. На ступенях, благодаря их слабому уклону, размыв вглубь заменяется отложением материала и углубление оврага останавливается. Совокупностью указанных мероприятий, стоимость которых зависит от размеров оврага, обнаженности его склонов и уклона дна, достигается полное закрепление и даже дно постепенно зарастает.

В пустынных местностях с малым количеством осадков, выпадающих чаще всего в виде ливней, и при слабом развитии растительности в виде отдельных кустиков, размыв в мягких породах—третичных, мезозойских, редко палеозойских—достигает максимума, и вся толща расчленена бесчисленными ветвистыми или параллельными оврагами с более или менее крутыми обнаженными склонами; при наибольшем развитии в промежутках между оврагами или их ветвями остаются только узкие, извилистые острые гребни. В таких местах закрепление невозможно, да и не нужно в виду их бесплодия. В деталях подобные местности у нас почти не описаны; их можно встретить в Туркестане, в Закаспийском крае, местами в Закавказьи. В Соед. Штатах такие местности называют bad lands, т. е. скверные земли, обильны в пустынях Аризоны, Небраски, Невады, да и страна вдоль большого каньона р. Колорадо представляет bad lands крупного масштаба.

При мощном развитии лесса овраги принимают иной характер, порода эта легко размывается, но держится отвесными обрывами. Поэтому овраги в ней имеют отвесные стенки, которые часто, благодаря оседанию вертикальных масс, распадаются на уступы. В верховьях овраг и его ветви оканчиваются также отвесной стенкой в 2—4 м и больше, которая при его росте отступает назад. Часто это отступание совершается посредством дудок, образующихся в 1—3 м от обрыва благодаря просачиванию воды по трещине через лесс, выходу ее в овраг, превращению трещины в дудку с отвесными стенками и, наконец, под-

мыву и оседанию промежутка между дудкой и вершиной оврага (фиг. 16, разрез и план). Остановка роста оврага в лессе может быть достигнута засыпкой его верховий вышеуказанными материалами; но закрепление склонов, в виду их отвесности, возможно только при посредстве крупных земляных работ, т. е. осуществимо разве в исключительных случаях, когда рост оврага угрожает городам или селениям. В связи с невозможностью закрепить склоны становится трудным и укрепление дна, так как оседание и обвалы отвесных стенок будут нарушать устроенный посредством перегородок правильный сток. При дальнейшем развитии оврагов в лессе промежутки между ними представляют узкие, извилистые гребни с ровной поверхностью, а в конце концов превращаются в пониженные острые гребни с отдельными лессовыми столбами. Отвесные склоны лессового оврага всегда совершенно обнажены; они доходят до самого дна или у подножия окаймлены более или менее высоким откосом из обрушившейся и распавшейся на глыбы и пыль массы; последняя постепенно может зарастать.



Фиг. 16.

Грязевые потоки на склонах образуются при сильном пропитывании делювия водой и свойственны гористым местностям как в умеренном климате, напр., в Альпах, Сибири, Канаде, так и в пустынях и полупустынях, где осадки нередко выпадают в виде сильных ливней. Делювий, пропитанный водой, превращается в грязе- или кашеобразную массу, которая, несмотря на скрепление ее поверхности корнями трав, кустов и даже деревьев, начинает медленно ползти вниз по склону более или менее широкой полосой; по мере развития движения дерновой покров разрывается на части, кусты и деревья наклоняются в разные стороны, наконец падают, глыбы дерна переворачиваются и среди ненарушенного делювия склона все резче выделяется полоса грязевого потока с неровной поверхностью, наклоненными или упавшими кустами и деревьями, обнаженной кашеобразной почвой. Обломки коренных пород в делювии при движении потока трутся друг о друга и о поверхность подстилающей скалы; на последней и на них могут получиться зеркала трения и шрамы, похожие на ледниковые и могущие ввести геолога в заблуждение. Такие „глиняные ледники“ Мейстер видел на склонах долин рр. Вачи и Жуи в Сибири и его проводник-тунгус говорил, что после дождей они движутся заметно для глаза (см. список II, № 2). В Скалистых Горах Канады описывались большие грязевые потоки, которые в нижней части, в области отложения на дне долины, представляли совершенно оголенные и полужидкие дельтообразные выносы значительной длины. В Альпах в Австрии сильные дожди в августе—

сентябре 1920 г. обусловили, кроме наводнений, многочисленные оползни и обвалы; в группе Зандлинг оползень превратился в грязевой поток, двигавшийся в течение 4 недель и достигший 3.250 м длины (см. список II, № 15). В западных штатах Сев. Америки ливни в горах нередко создают грязевые потоки делювия, представляющие уже переход к силям, так как они движутся быстрее благодаря рыхлости материала на склонах, отсутствию дернового покрова и обилию воды; эти потоки при выходе в более широкие долины образуют плоские конусы выноса, состоящие из неслоистого и несортированного материала, содержащего крупные глыбы камня, которые водяной поток той же мощности не мог бы перенести; такие отложения называются „фанконгломератами". В подобных местностях грязевые потоки являются немаловажными геологическими агентами (см. список II, №№ 6 и 23). Грязевые потоки образуются также при вулканических извержениях, благодаря ливням из сгущающихся над вулканами паров, захватывающих массы пепла, лапилли и бомб; в 79 г. нашей эры такие потоки залили гор. Геркуланум у подножия проснувшегося Везувия и погубили его жителей. Наконец, грязевые потоки (оплывины) были следствием замлетрясения в Тяньшане в районе гор. Алма-Ата (б. Верный) в 1887 г. и 1910 г. и образовались из крупных оползней на склонах гор (см. список II, №№ 3, 4). Рикмерс описал грязевые потоки Туркестана (II, № 18), а Конвей— таковые Гималаев (II, № 8).

При изучении грязевого потока как живого, т. е. находящегося в движении, так и мертвого, уже остановившегося, необходимо выяснить причину его образования, определить начало и конец, длину, ширину, мощность и состав в разных частях, вычислить по возможности объем переместившейся массы и, в случае мертвого потока, проследить те изменения, которым он подвергся после своего образования в связи с эрозией, выветриванием и развитием растительности, а в культурных местностях выяснить произведенные им разрушения.

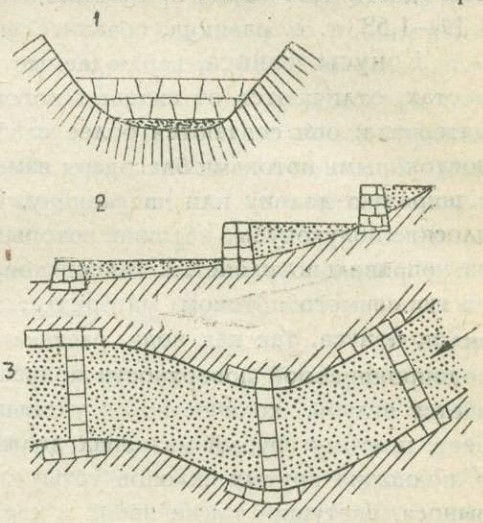
Блэкуэльдер дал хорошее описание и снимки из района западных штатов (II, № 6), с которыми полезно ознакомиться.

Сили или муры. В гористых местностях при сильных дождях или быстром таянии снега в ущелья стекает много воды, которая захватывает массу ила, песка, щебня и даже глыб и валунов, образуя бурный временный поток, производящий огромные разрушения, так как живая сила воды во много раз увеличивается переносимым ею в большом количестве твердым материалом. Эти потоки размывают в ущельях ранее отложившиеся наносы, подмывают склоны, обусловливая оползни, а вырываясь в более широкие долины или на подножие гор, где уклон резко уменьшается, переполненная твердым материалом масса воды, расплываясь веером, теряет свою силу и образует конус выноса, который перекрывает дороги, разрушает мосты и здания, засыпает сады, огороды и поля. В горах пустынь и полупустынь, где осадки выпадают, главным образом, в виде ливней, все сухие лога и ущелья в районе дождя превращаются в бурные потоки, выносящие на подножие гор

большее или меньшее количество твердых осадков, которые также можно называть пролювием и из которых постепенно нарастают мощные толщи грубых наносов, слагающие широкие и высокие пьедесталы (шлейфы) гор, характерные для таких мест.

Силевые потоки могут образоваться также благодаря загреждению русла постоянного потока обвалом, оползнем, мореной ледника, лавиной; при размыве этой временной плотины скопившаяся выше нее масса воды быстро прорывается и несется вниз по долине, разрушая и размывая все на своем пути и превращаясь в грязевой поток. Выносы устья оврагов представляют также силевые отложения в миниатюре.

В местности, подверженной силям, геолог должен изучить строение отдельных сборных бассейнов, состав обнаженных от растительности склонов логов и ущелий, дающих силевому потоку главный материал, выяснить размеры выносов и предложить предохранительные меры. Последние состоят в укреплении обнаженных склонов дернованием или продольными низкими плетнями с засыпкой и последующей посадкой растений и в ослаблении стремительности потока по дну ущелья, что достигается такими же перегородками (барражами), как на дне оврагов; но только в виду более крутого уклона и большей массы воды с грубым материалом барражи делаются не из плетня, а из бревен, связанных друг с другом, укрепляемых вбитыми в дно кольями, или из подобранных друг к другу каменных глыб или плит (фиг. 17, план и разрезы поперечный и продольный). Дно ущелья выше барражей выравнивается и превращается таким образом в ряд уступов с очень пологим уклоном, отделенных друг от друга стенками, через которые вода сливается водопадами. Перегородки делаются не выше человеческого роста. Нижняя часть склонов ниже каждого барража часто также укрепляется подпорными стенками из сухой кладки или бревнами для устранения их подмыва сливающейся водой, что повлекло бы за собой быстрое разрушение всего барража.



Фиг. 17.

1—вид спереди; *2*—разрез; *3*—план.

Опустошительная сила бурных потоков зависит от количества внезапно выпадающей воды, уклона склонов и дна ущелья и рыхлости пород, слагающих сборный бассейн силя. Поэтому закрепление легко размываемых склонов составляет первоочередную задачу, а следовательно, охрана существующей растительности безусловно необходима. Сплошная вырубка лесов и кустов на склонах может подготовить условия

образования силей даже там, где их раньше не было, и примеры этого известны в горных странах Европы, Кавказа и Туркестана.

Количество материала, выбрасываемого силевыми потоками, колеблется в широких пределах в зависимости от площади сборного бассейна, крутизны склонов и дна, рыхлости пород и количества осадков, выпавших сразу. Штини приводит ряд примеров для Альп, в которых объем достигает от 50 до 475 тыс. м³. Он же дает таблицу зависимости веса твердых материалов, переносимых силем, от уклона дна; при уклоне в 15° вес этих материалов составляет 45—50% веса всего силя, а уд. вес последнего 1,34—1,38; при уклоне в 40° вес материалов 65—70% и уд. вес 1,49—1,53, т. е. разница, сравнительно, небольшая.

Конусы выноса, наблюдаемые не только в горах, но и в холмистых местах, отличаются от силевых потоков только большей однородностью материала; они создаются более слабыми временными потоками, а также постоянными потоками благодаря изменению уклона при выходе из ущелья в широкую долину или на равнину. Они представляют более или менее плоские полуконусы, вершина которых находится в самом устье, сложены из неправильно слоистых галечников, гравия, песка, ила—в зависимости от выносимого потоком материала; чем грубее материал, тем больше уклон конуса, так как вода, растекаясь отдельными руслами по рыхлой водопроницаемой поверхности конуса, в значительной степени просачивается вглубь, количество ее уменьшается и сила переноса быстро слабеет; поэтому грубый материал должен осаждаться скорее, чем мелкий. У подножия крутых склонов устье каждой рытвины представляет конус выноса, растущий также вверх и нередко очень крутой, из смеси мелкого и грубого материала; последний попадает на конус и простым скатыванием сверху, т. е. здесь мы видим соединение конуса выноса и осыпи.

Плоские конусы выноса крупных рек, выходящих из высоких гор, имеют нередко очень значительную длину и ширину, река течет несколькими руслами по широкой голой галечной полосе, затопляемой во время половодий; вне ее конус покрывается растительностью, но в виду слабой врезанности русла при сильных половодьях легко происходят наводнения, после которых русло часто меняет свое положение. Таковы, напр., конусы Терека и его притоков у северного подножия Кавказа, где грунтовая вода очень близка к поверхности благодаря малой врезанности русел, местность местами даже заболочена и страдает от наводнений. Слабая врезанность русел доказывает отсутствие изменений базиса эрозии в последнее время; если произошло понижение нижнего базиса или поднятие верхнего, т. е. горной цепи, то реки начинают врезываться в свои конусы. Врезание может быть также обусловлено увеличением количества воды, т. е. более дождливыми периодами, но при прекращении их останавливается.

Относительно конусов выноса нужно наблюдать: их размеры, уклон, состав, степень обнаженности, глубину врезанных в конус русел, число и ширину их, признаки углубления или занесения осадками. Если конусы выдвигаются в долину более крупной реки, то нужно выяснить влияние

их на последнюю—они могут обусловливать ее отклонение, засорение русла, образование быстрин и перекатов. Конусы могут также надвигаться на культурные угодья и разные сооружения, и тогда возникает вопрос о защите таковых перемещением русла на другую часть веера, где вынос материала будет безвреден или менее вреден, а также об уменьшении выноса устройством барражей в русле притока выше конуса и уменьшением обнаженности склонов в сборном бассейне, как указано выше.

Речные долины, как один из основных элементов современного рельефа местности, требуют обстоятельного изучения со стороны геолога. Как известно, речная долина делится по длине на три области—размыва, стока и отложения или верхнего, среднего и нижнего течения—имеющие различный характер. В области размыва выделяют еще сборный бассейн, самые верховья реки, где вода собирается из ключей и ручьев. Но не все долины имеют эти три области; река, вытекающая из гор прямо в озеро или море, может не иметь области отложения или даже и стока; река, текущая сплошь по равнине, напр. многие реки Русской платформы, не имеет области размыва, начинаясь в озерах или болотах. Поэтому следует прежде всего определить общий тип изучаемой реки или ее части, находящейся в исследуемой местности. Типы рек следующие:

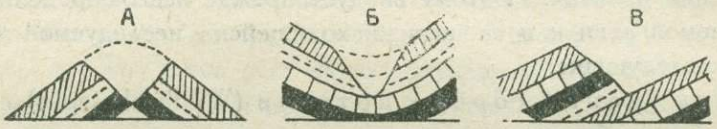
1) Тип бурных горных потоков (Wildbach typus) с сильным уклоном дна и быстрым течением; они почти всегда имеют сборный бассейн формы воронки, ниже которого начинается ущелье или тесная долина, врезанная глубже и с более крутыми склонами, чем у ветвей сборного бассейна, где размыв в связи с небольшим количеством воды более слабый. Ниже ущелья начинается отложение грубого материала, а его низовье представляет переходную область, где чередуются участки размыва и отложения. Величина того и другого очень значительна; отложение обусловлено изменением уклона русла даже только на несколько градусов, что уже достаточно, чтобы часть материала не могла уноситься дальше. Чем больше это изменение, тем меньше диаметр частиц, передвигаемых дальше.

2) Тип горных рек, свойственный горам средней высоты. Горная река слагается из горных потоков; долина ее врезана глубоко и имеет более или менее крутые склоны и различную ширину, превращаясь местами в ущелье; участки размыва и отложения чередуются друг с другом; в последних река течет в русле из собственных наносов, постепенно повышающих дно долины, и иногда делится на рукава. Половодье производит сильные изменения русла и берегов.

3) Тип равнинных рек имеет широкие и неглубокие долины с пологими вообще склонами. Река течет извилисто и несет мало гальки, но много мелкого взвешенного, а также химически-растворенного материала. Русло врезано большею частью в мягкие породы или в галечники, пески, глины речных отложений. При пересечении холмистой местности или выходов твердых пород река может переходить в предъидущий тип (см. список III № 39, IV № 24).

В изучаемой речной системе можно встретить последовательно от верховий к низовьям все три типа или только два или даже один. Большинство мелких притоков оз. Байкала представляет горные потоки и при впадении в озеро сразу образуют дельту, т. е. имеют собственно только более или менее длинную область размыва, иногда еще короткую область стока; но в первой есть также участки стока и отложения, чередующиеся с участками размыва. Вообще же области размыва, стока и отложения у разных рек имеют очень различную длину и могут повторяться в зависимости от рельефа и строения местности и переживаемого цикла эрозии. Многие реки Сибири в среднем или нижнем течении вместо области стока или отложения имеют участок размыва более или менее длинный—пороги, перекаты и ущелья, что обусловлено новым циклом эрозии.

Затем нужно определить генетический тип долины, т. е. представляет ли данная долина результат исключительно размывающей деятельности воды или же последняя находится в зависимости от тектоники местности, т. е. является ли долина эрозионной или тектони-



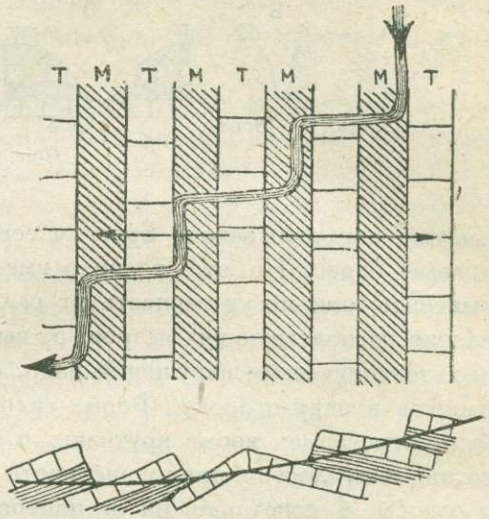
Фиг. 18.

ческой. Большинство долин русской платформы и низменности Западной Сибири, врезанных в горизонтально залегающие осадочные породы, являются эрозионными, но на отдельных участках на них отражаются те или иные тектонические нарушения — складки, сбросы, как, напр., в большой излучине Волги в Жигулевских горах, в так называемой Самарской луке.

Тектонические долины подразделяются в свою очередь на *поперечные, продольные* и *диагональные,* в зависимости от того, как относится их общее направление к господствующему простиранию осадочных пород. Продольные долины, параллельные простиранию, в свою очередь делятся на антиклинальные (фиг. 18 *А*), синклинальные (фиг. 18 *Б*) и моноклинальные или комбы (фиг. 18 *В*). Поперечные и диагональные долины редко бывают прямолинейными, а большей частью слагаются из отдельных участков продольных и поперечных к залеганию пород, причем первые в толщах мягких пород, а вторые в твердых породах, которые река стремится пересечь по кратчайшему направлению (фиг. 19). Отклонения от этого правила обыкновенно обусловлены существованием резких трещин отдельности или дислокационных, направляющих размыв; в массивных породах от направления господствующих трещин большею частью зависит и направление долины.

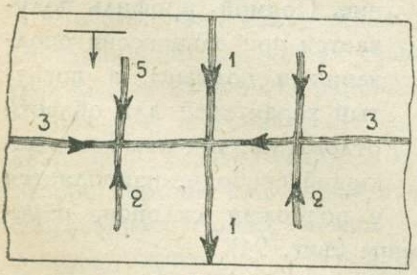
Одна и та же речная долина, как равно и целая речная система в отдельных своих частях, может быть продольной, поперечной и диаго-

нальной, анти-, син- и моноклинальной, а пересекая массивные или горизонтально залегающие породы становится чисто эрозионной, но в зависимости от направлений трещин, что и должно быть отмечено в описании. Поэтому в реках и речных системах Дэвис различает еще реки и участки (фиг. 20): 1) консеквентные, направленные по падению или первоначальному уклону пластов, 2) обсеквентные—противоположного направления, 3) субсеквентные, направленные по простиранию, 4) инсеквентные—в массивных или горизонтально лежащих породах и 5) ресеквентные—представляющие консеквентные 2-го и 3-го порядка.



Фиг. 19.

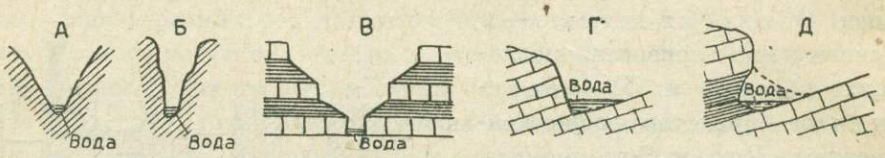
Затем должна быть определена форма долины в ее поперечном сечении. В области размыва она нормально имеет треугольную форму—латинского V, если проложена в мягких породах (фиг. 21 *А*) вследствие обрушения и оползания подмываемых масс при врезании русла; в твердых породах этот треугольник узкий и может даже перейти в ущелье с отвесными боками, характеризующее молодые, быстро врезающиеся долины (фиг. 21 *Б*); но в старых долинах и твердые породы постепенно приобретают благодаря выветриванию и подмыву менее крутой уклон. При чередовании твердых и мягких толщ, залегающих горизонтально или полого, профиль становится ступенчатым с чередованием обрывов, соответствующих твердым породам и откосов в мягких (фиг. 21 *В*), причем высота обрывов почти всегда меньше действительной мощности твердых толщ, вследствие засыпания их подножия. В моноклинальных долинах в твердых породах профиль несимметричен, один склон проложен по плоскостям напластования, другой крутой или отвесный (фиг. 21 *Г*), а при чередовании твердых и мягких толщ может быть даже нависающим (фиг. 21 *Д*), если река уже прорезала твердую толщу, или более пологим, если она врезалась только до твердой толщи. В поперечных и диагональных долинах, пересекающих чередование твердых и мягких толщ, первым соответствуют ущелистые участки с крутыми или отвесными склонами, вторым—расширения с пологими склонами. Благодаря неоднородному составу размываемых толщ кривая нормального падения



Фиг. 20.

реки (продольный профиль долины или временная терминанта эрозии) часто не является плавной, а представляет чередование отрезков с более крутым уклоном, в твердых породах и с более пологим в мягких; в первых происходит еще размыв, во вторых—отложение (фиг. 22). Это чередование должно быть отмечено при изучении речной долины.

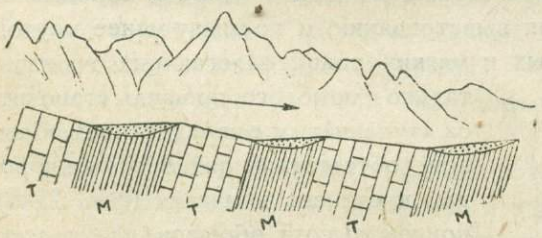
У рек, текущих по равнинам с севера на юг или с юга на север, всегда один берег более крутой, подмываемый, а другой пологий, намы-



Фиг. 21.

ваемый; согласно закону Бэра, в северном полушарии крутым является правый берег. Но это правило имеет исключения, которые интересно выяснить; они могут зависеть от различной твердости пород, от направления господствующих ветров, от выхода обильных источников, от местных тектонических нарушений, напр., сбросов, складок, пологого наклона пластов в одну сторону. Форма склонов речной долины вообще должна быть отмечаема; кроме крутизны и пологости, можно различать вогнутость, выпуклость и прямолинейность в продольном направлении, обрывы и откосы и сочетание их в поперечном с отметкой уклона откосов и в связи с их геологическим составом.

Выпуклый профиль склонов характерен для области размыва, так как сползающий с них делювий не может накопляться внизу—река подмывает и уносит его быстрее, чем происходит его движение. Прямой профиль получается при равновесии сползания и подмыва, а вогнутый характерен для области отложения, так как здесь делювий свободно накопляется у подножия склонов, образуя их шлейф и выдвигаясь на дно долины (фиг. 94).



Фиг. 22.

В верховьях рек, т. е. в сборном бассейне, нужно изучать их характер и отношение к водоразделам; реки начинаются или в виде отдельных ручейков, питаемых источниками на крутом или пологом склоне горы, или вытекающих из ледника, фирнового поля, озерка или же из болота на дне широкой седловины водораздела, из которой выходит также в противоположную сторону ручеек другой речной системы. Этот выход может находиться на главном водоразделе данной местности, но также и за ним, на противоположном склоне, т. е. вершина реки уже прорезала главный водораздел. Важно выяснить причину этого явления—мягкость пород в данном месте, облегчающую размыв вверх, или преобладание

осадков на этом склоне или благоприятные для размыва условия залегания пластов. В таких случаях можно наблюдать захват одной речной системой верховий соседней, так называемое скрадывание (фиг. 23). В связи с размывом вверх и отступанием верховий рек наблюдается и извилистость, зигзагообразное направление гребня водораздела (фиг. 24), а более обильное орошение одного из склонов его сравнительно с другим и способствующие более быстрому размыву условия залегания пластов, их состав, а также тектонические нарушения — сбросы, пояса раздробления и смятия — обусловливают асимметричный поперечный профиль водораздела.

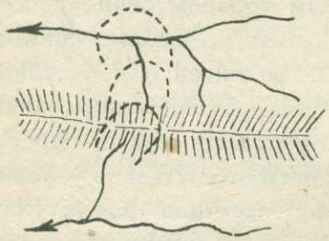
В области размыва нужно наблюдать также различные детали работы проточной воды—исполиновые котлы, желоба, вымытые на утесах, и вообще выглаженные водой поверхности, нахождение которых на более или менее значительной высоте над современным уровнем реки докажет недавнее врезание долины и его степень; если с этими знаками связано еще нахождение каких либо сооружений, могил, надписей или рисунков на скалах, в настоящее время недоступных, то быстроту врезания долины можно будет даже определить. Встречаясь с водопадами, нужно определить их высоту, условия образования в зависимости от состава и условий залегания пород, тип (водопад, водоскат, ряд каскадов на уступах, валунах), примерное количество воды, признаки отступания и величину его. Прослеживая русло реки или речки, можно заметить чередование участков с более быстрым и более спокойным течением, наличность омутов, перекатов, плесов и связать их с составом и условиями залегания коренных пород; перекаты (быстрины, шивера) могут быть обусловлены выходами твердых коренных пород в русле или же старыми обвалами, оползнями, размываемыми моренами, выносом более грубого материала притоком и т. п.

Состав валунов и гальки на дне долины и в русле также заслуживает внимания; он может указать на близость выходов той или другой породы, на окончание района распространения ее, на присутствие слоев, содержащих органические остатки или полезные ископаемые, наличие каких либо редких пород. В горных долинах наблюдатель видит хорошо только породы, слагающие самую нижнюю часть склонов; валуны в русле, скатившиеся глыбы, осыпи щебня, позволяют ему судить о том, что залегает выше и может побудить сделать экскурсию по притоку, боковому ущелью, подняться на склон.

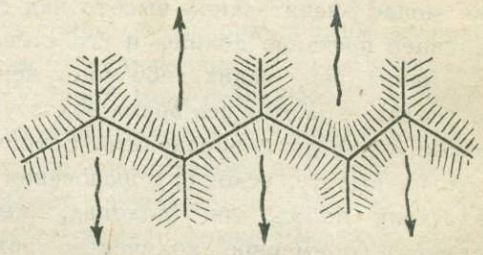
Механическая живая сила, действующая на берега, у горных речек составляет $^1/_3$ всей живой силы воды, а у больших рек только $^1/_{10.000}$ ее.

У подножия водопадов вода вымывает более или менее глубокую впадину в русле, в которой образуются водовороты, способствующие дальнейшему углублению. Омуты в реке, образующиеся в местах ее резких изгибов и перед утесами крутых берегов, также обусловлены работой водоворотов, высверливающих впадину в наносах дна и даже в коренных породах. При составе берега из рыхлых пород водовороты обусловливают усиленный подмыв и обваливание берега.

Эти явления изучены в гидравлических лабораториях, которые выяснили, что на водопадах и порогах образуются водяные валы с горизонтальной осью вращения, а у крутых выступов берега и устоев мостов среди реки—валы с вертикальной осью вращения как выше, так и ниже выступа или устоя, а менее значительные даже вдоль них; ниже препятствия таких водоворотов всегда несколько и размеры их больше. Те и другие валы энергично размывают дно, а вертикальные также берег речного русла. Кроме утесов, выдвинутых в воду, водовороты могут быть вызваны также оползнями и обвалами. Береговые водовороты способствуют образованию вогнутого берега и создают котлообразные впадины на дне, донные водовороты образуют под водопадом поперечную к руслу ложбину. В тех и других происходит периодически и отложение материала, а затем вынос его (см. список III № 30 и IV № 24).



Фиг. 23.



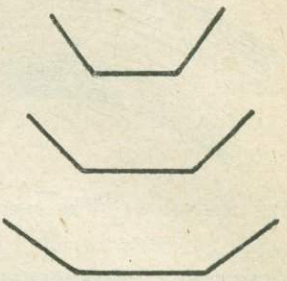
Фиг. 24.

В области стока, где происходит не углубление, а расширение долины, треугольный профиль переходит в корытообразный (фиг. 25), но на форме склонов еще отражается их состав, что и должно быть наблюдаемо; это влияние состава вниз по долине и, в особенности, в области отложения все ослабевает, склоны становятся пологими даже в твердых породах, дно все более расширяется. Исключения из этого правила заслуживают особенного внимания и выяснения их причин.

В области стока реки начинают изгибаться, блуждая по широкому дну долины от одного склона до другого, подмывая берег в наружной части изгиба, т. е. вогнутый берег, и отлагая наносы вдоль выпуклой части русла. Эта наклонность образования извилин, называемых мэандрами, усиливается в области отложения, где долина еще шире, а также у рек, текущих по равнинам, и обусловливает сильное удлинение реки, образование мелей, дробление на рукава, извилистость и переменчивость фарватера. Перемычка сильно развившихся извилин может быть размыта во время половодья, когда река выходит из берегов, и тогда извилина отмирает, превращаясь в старицу—длинное и узкое озеро или ряд озер, постепенно зарастающих (фиг. 26).

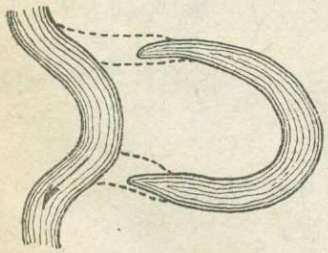
Не крупные реки образуют более частые и крутые, но небольшие мэандры, крупные реки—более редкие и плавные большие мэандры; последние могут быть простые и сложные, т. е. состоящие из нескольких второстепенных извилин. Различают два главных типа мэандр: 1) свободные, врезанные рекой в собственные наносы на равнинах или на нед

долин; они образуются легко, врезаны неглубоко и быстро проходят цикл своего развития и 2) врезанные или долинные, соответствующие извилинам самой речной долины; в этом случае долина обыкновенно узкая и русло занимает все дно или оставляет небольшие площадки на одном или другом берегу. Эти мэандры создаются или первоначально в виде свободных на плоскогории или древнем дне долины и, затем, при возобновлении эрозии, постепенно врезываются глубже; оба склона долины обыкновенно одинаково крутые (подтип мэандр „принудительных"—Zwangsmeander). В других случаях извилины образуются при самом врезании речной долины и зависят от состава горных пород (река врезывается в более мягкие) и от условий их залегания (река врезывается по направлению падения пластов, фиг. 21 *Г, Д*); при этом один склон долины круче другого (подтип мэандр скольжения, „Gleitmeander"). При дальнейшем развитии речной долины, когда дно ее сделается достаточно широким, врезанные мэандры превращаются в свободные (см. фиг. 92).



Фиг. 25.

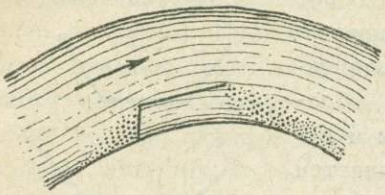
Нужно заметить, что проблема врезанных мэандр вообще еще разъяснена недостаточно, и новые наблюдения необходимы (подробности см. у Филиппсона, т. II, ч. 2, стр. 101—105, или у Мартонна, т. II, стр. 588—594). При изучении речной долины следует выяснить тип мэандр и собирать материал для определения их генезиса и развития.



Фиг. 26.

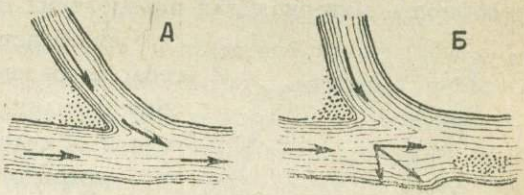
В областях стока и отложения внимание геолога должно быть обращено также на величину извилин, степень подмыва вогнутого берега и обмеления выпуклого, образование стариц, островов и мелей. Подмыв вогнутого берега может угрожать каким либо сооружениям или культурным угодьям и потребует мер его укрепления, составляющих уже задачу гидротехника. Главные меры защиты: укрепление берега плетнями, фашинами, сваями или засыпкой глыбами камня или отклонение течения от подмываемого берега двойным плетнем с засыпанием промежутка крупной галькой или валунами. Обмеление выпуклого берега является опасным для устраиваемых на нем пристаней и затонов, которые еще более отклоняют течение воды в сторону и таким образом усиливают обмеление, могущее загородить вход в затон (фиг. 27). Острова не всегда доказывают отложение; если они состоят из коренных пород, они свидетельствуют о продолжающемся размыве, углублении русла. У островов и отмелей, состоящих из речных наносов, во время половодья размывается верхний по течению конец и нарастает нижний, так что они постепенно передвигаются вниз по реке; о быстроте передвижения можно судить по расспросам у населения и точным детальным картам.

Регулирование извилистых судоходных рек ради спрямления фарватера может вызвать нежелательные последствия выше по течению, именно возобновление размыва и углубление русла, что может отразиться на устоях мостов. Такой случай имел место на верхнем Рейне, где спрямление большой излучины обусловило подмыв устоев железнодорожного моста, находившегося выше излучины. При подобных работах может понадобиться мнение геолога и исследование им данного участка реки с измерением поперечного профиля, быстроты течения, нивеллировкой излучины и предлагаемого спрямления для выяснения вероятных изменений.



Фиг. 27.

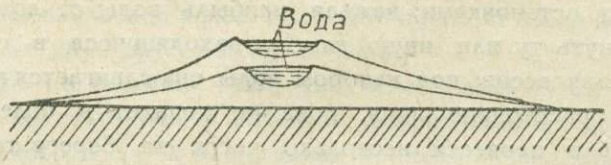
В устьях притоков реки важно выяснить их влияние на главную реку; низовья притоков в областях стока и отложения обыкновенно расположены под острым углом к главной реке, так как в углу между обоими отлагается нанос, постепенно выдвигаясь косой (фиг. 28 *А*), и приток отклоняется к противоположному берегу, подмывая его; если приток значительный — на противоположном берегу главной реки, благодаря сложению сил (фиг. 28 *Б*), происходит подмыв, образование омутов, а ниже их — отмелей. В низовьях рек, несущих много мелкого песка и ила и текущих в области отложения по низменности, происходит постепенное повышение дна русла вследствие осаждения материала, а во время половодий также повышение заливной террасы; мало по малу река оказывается текущей по плоскому широкому валу, сложенному из ее наносов и поднимающемуся над окружающей местностью (фиг. 29). Поэтому во время сильных половодий вода может прорваться на низменности и затопить обширные пространства. От подобных наводнений страдают Восточно-Китайская равнина в низовьях Желтой реки, низовья р. Нила, а также низовья Волги (напр., в 1926 г.). После наводнения русло реки может оказаться в совершенно новом месте.



Фиг. 28.

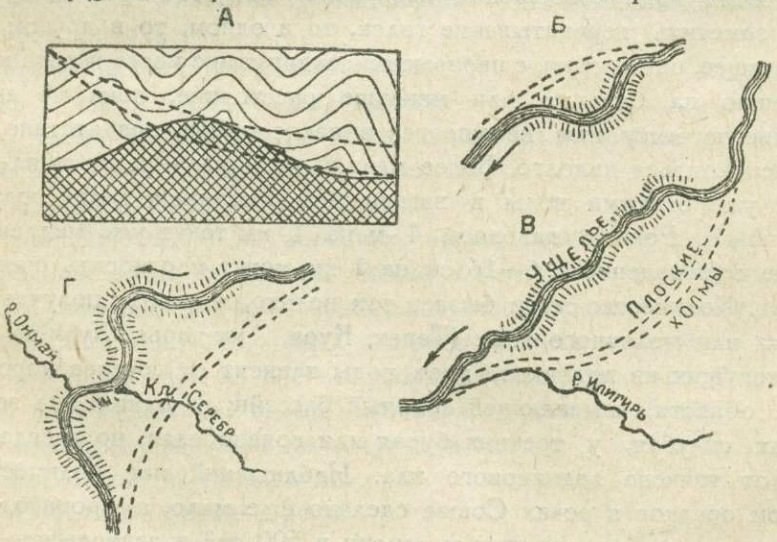
Эпигенетические участки долин заслуживают особенного внимания: река, врезая свою долину в более мягкие коренные породы, может достигнуть на глубине выход более твердых пород, который она уже не может обойти, а принуждена прорезывать и их (фиг. 30 *А*). Особенно часто это встречается в складчатых горах с интрузиями массивных пород и в горах, подвергавшихся оледенению; доледниковая выработанная уже долина завалена моренами, послеледниковая река, врезываясь в ледниковые отложения, может попасть под ними на выступ прежнего склона из коренных пород и принуждена врезываться в него ущельем, а рядом под моренами остается погребенный старый участок долины;

подобных примеров довольно много в Альпах, на Кавказе, Алтае (рр. Чуя, Коксу); я встретил их в Олекминско-Витимской горной стране, где в одной долине р. Бодайбо таких участков имеется три (фиг. 30 *Б*, *В* и *Г*); здесь выяснение их имело большое практическое значение, так как богатая доледниковая золотоносная россыпь находится, конечно, не в молодом эпигенетическом участке, а в погребенном под ледниковыми



Фиг. 29.

наносами отрезке старой долины. Местным золотопромышленникам это было совершенно не понятно, они произвели уже безуспешную шурфовку двух ущелистых участков и затем только нашли по моему указанию настоящую россыпь. В третьем участке (фиг. 30 *Г*) россыпь при разработке выше ущелья потеряли и нашли ее много позже при разработке ниже ущелья вверх по течению. В золотоносных районах Северного



Фиг 30.

Пунктиром показано доледниковое русло Бодайбо.

Урала и Сибири, подвергавшихся оледенению, определение эпигенетических участков долин позволит правильно вести разведки и в будущем.

Во многих местностях исследователю приходится переходить вброд даже довольно крупные реки и поиски брода иногда составляют очень важную задачу. Желательно отмечать чем обусловлен данный брод через большую реку—местными перекатами (шиверами, быстринами) в связи с изменением падения (остатки поперечной террасы), выносом материала притоком, остатками морены, старого обвала и т. п. или же дроблением реки на рукава.

Перенос и отложение осадков в речных долинах также заслуживают изучения. В горных ручьях и речках с очень крутым падением, т. е. в области усиленного размыва, мы все-таки находим уже отложенный материал в виде крупных валунов и глыб, часто только слегка оглаженными углами и ребрами. Эти грубые осадки, которые кажутся неподвижными, в действительности перемещаются, но с более или менее продолжительными остановками; каждая прибыль воды от дождя в состоянии передвинуть ту или иную глыбу, находящуюся в состоянии неустойчивого равновесия; под напором воды она сдвигается и скатывается на некоторое расстояние вниз, пока не попадет в более устойчивое положение. Если провести несколько часов на берегу такого потока, можно увидеть это или услышать своеобразный грохот от подобного перемещения, нарушающий равномерный шум воды, что особенно хорошо слышно ночью. В русле более крупных рек, состоящем из гальки и более мелких валунов, этот материал также передвигается перекатыванием по дну; в этом можно убедиться, плывя в лодке по течению; если перестать грести и наклониться к поверхности воды, то можно различить своеобразный шорох, доносящийся снизу, обусловленный перекатыванием гальки. Если вода совершенно прозрачна, так что видно дно, то не трудно заметить перекатывание галек, то в одном, то в другом месте, происходящее, опять таки, с перерывами; сдвинутая с места галька катится по течению на большее или меньшее расстояние, пока не попадет в небольшую ямку или не упрется в какое-нибудь препятствие, где и может успокоиться надолго. Более мелкий материал —песок и ил—переносятся уже струями воды в взвешенном состоянии, делая воду мало прозрачной [1]). Реки с падением 4 м на 1 км текут уже медленно, но имеющие еще падение в 6—16 см на 1 км могут переносить очень мелкую муть. Количество мути бывает так велико, что вода получает цвет шоколада или молочного кофе (Терек, Кура, Аму-дарья. Хуан-хэ и др.). У рек, текущих из ледников, цвет воды зависит от состава пород ледниковой области, заменяющей сборный бассейн; у одних она зеленая, у других голубая, у третьих бурая или грязнобелая, но всегда очень мутная от тонкого ледникового ила. Наблюдений над количеством и качеством осадков в реках Союза сделано еще мало, а производить их не трудно, имея в снаряжении мензурку в 500 $см^3$ и зачерпывая ею во время стоянок на берегах рек воду; осевший через некоторое время осадок на дне мензурки определяется прямо по объему, а если его сохранить в коллекции и при обработке материала взвесить, то можно получить и весовое соотношение. Мелкая муть—частицы глины и ила—осаждаются медленно, так что брать пробу мутной воды нужно вечером, чтобы она за ночь успела отстояться. Привезенные осадки могут быть подвергнуты механическому, а затем и химическому и микроскопическому анализам. В обрывах речных берегов и террас можно изучать состав и

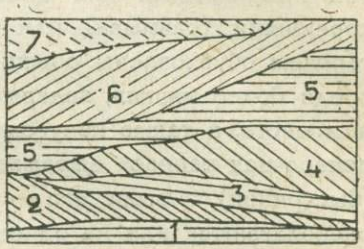
---

[1]) Подробности о передвижении гальки, гравия и песка в русле см. в руководстве Редлих-Терцаги-Кампе, стр. 637—643.

наслоение отложений, выясняя смену периодов более усиленного размыва с отложением более грубого материала (валунов, гальки) и более слабого, доставлявшего в данное место только более мелкий (гравий, песок, ил). Наслоение характеризует работу реки в данном месте, являясь то горизонтальным, то косым с более или менее частой сменой направлений [см., напр., у Меньье, IV, № 16, изучавшего наносы Сены и давшего анализ наслоения (фиг. 31), состоящего из семи последовательных, срезающих друг друга, толщ аллювия].

Чем ниже по течению реки, тем мельче становятся переносимый и отлагаемый ею материал; в низовьях рек он состоит почти исключительно из мелкого песка и ила; редкая примесь гравия, гальки и отдельных валунов объясняется приносом этого материала речным льдом.

Изучение состава и наслоения современных наносов какой-либо реки по всей длине ее течения выяснит ее работу, а изучение ее древних наносов в террасах обнаружит те изменения, которые происходили в ее жизни за время послетретичного периода.



Фиг. 31.

Интерес представляет также изучение отмелей и островов, развивающихся, главным образом, в областях стока и, особенно, отложения. По генезису острова и отмели делятся так:

1) Созданные отложением материала:

а) имеющие ядро из коренных пород показывают, что в данном месте размыв недавно уступил место отложению (но могут быть и в области размыва, так как скала среди реки, задерживая течение, может обусловить отложение материала у своего нижнего конца);

б) имеющие ядро из растительных остатков (скопление древесных стволов, принесенных во время половодья, торфяных глыб);

в) имеющие основание из валунов и гальки;

г) состоящие из песка и ила.

2) Созданные эрозией реки:

а) из коренных пород;

б) образовавшиеся при спрямлении излучин;

в) образовавшиеся благодаря делению реки на рукава.

В низовьях больших рек и у рек, текущих по равнине, низовье их притоков иногда на значительном расстоянии тянется параллельно главной реке. Иногда это обусловлено не нарастанием косы у устья притока, как указано выше, а тем, что приток воспользовался одним из оставленных старых русел реки, в которое он первоначально впадал (см. Хенкель, III, № 23).

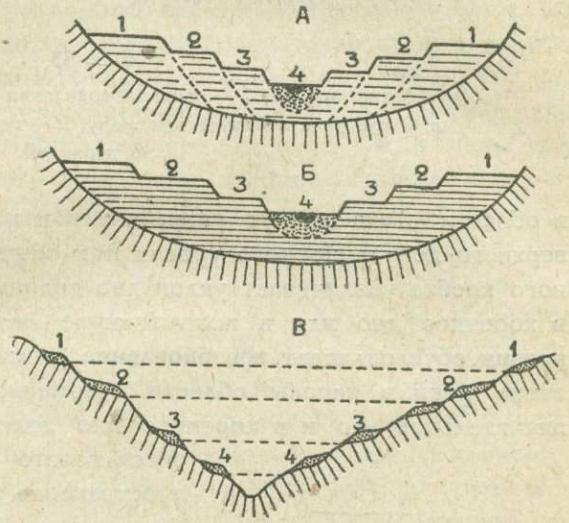
Реки и речки, собирающие воду из болот и густых тропических лесов, отличаются черным цветом воды (в русле; в стакане она желтоватая); в таких реках механически взвешенных частиц очень

мало и вода прозрачна, но содержит много химически растворенных веществ, именно соединений закиси железа с гуминовой кислотой, образующейся при гниении растений; реакция такой воды кислая. Щелочи способствуют образованию этих соединений, тогда как известь их осаждает и жесткая вода никогда не бывает черной. Интересно произвести соответствующие наблюдения относительно рек нашего севера и Закавказья.

Речные террасы, встречаемые во многих долинах, имеют большое значение для выяснения истории данной реки, так как они свидетельствуют об имевших место изменениях базиса эрозии или климата. Встречаясь с террасами, геолог должен прежде всего выяснить, являются ли они продольными или поперечными, а в первом случае — террасами коренными (размыва) или аллювиальными (накопления). Поперечные террасы обусловлены обыкновенно выходом какой-либо твердой породы среди более мягких, задержавшей равномерное врезание долины в данном месте, а также конусом выноса притока, обвалом, древней мореной; поперечная терраса выражается в русле или водопадом или перекатом (быстриной), а выше его — расширением долины. Продольные террасы располагаются или на одном или на обоих берегах реки, на большом протяжении или отдельными участками; их может быть одна или 2 — 3 и более. Нужно определить их число, высоту друг над другом и над уровнем воды, состав; в террасах накопления важно выяснить характер наслоения, смену более грубых более мелкими наносами (валуны, галечники, пески, ила), поискать органические остатки, особенно животных и человека, которые при наличии нескольких террас только и могут выяснить историю их (как видно из сравнения фиг. 32 *А* и *Б*, вложенных и наложенных террас; на фиг. 32 *Б* верхняя терраса состоит из более юных, на фиг. 32 *А* из самых древних отложений). Иногда состав валунов или степень выветривания их может дать указание на относительную древность террас. Если в промежутке между двумя террасами накопления разного уровня обнажаются коренные породы, то ясно, что мы имеем дело с случаем вложенных террас (фиг. 32 *А*) и более сильным размывом более древних отложений (фиг. 32 *Б*), связанным каждый раз с новым врезанием русла в коренное дно долины.

При изучении террас накопления следует выяснить: 1) когда образовалось коренное дно (ложе) террасы, созданное боковой эрозией; 2) когда происходило накопление наносов, слагающих террасу и показывающих переход данного отрезка речной долины из области стока в область отложения и 3) когда образовался террасовый уступ, свидетельствующий о врезании реки в свои же наносы, т. е. о переходе данного отрезка речной долины из области отложения в область размыва. Вопрос о времени легче всего было бы разрешить на основании фауны и флоры, погребенной в наносах, слагающих террасу; к сожалению, остатки эти нередко слишком скудны или плохой сохранности. В странах, подвергавшихся оледенению, более надежные можно получить на основании изучения отношения наносов террас к моренам и к толщам

лесса с их погребенными почвами. Теперь можно считать установленным что лесс накоплялся в сухие эпохи оледенения, а растительная почва на лессовой степи образовалась во влажные междуледниковые и в послеледниковую эпохи. Поэтому, если какая либо терраса покрыта лессом, опускающимся на ее откос и покрытым современной растительной почвой, то можно заключить, что река возобновила эрозию в последнюю междуледниковую эпоху. Терраса, не покрытая лессом, относится уже к послеледниковой эпохе, как равно и терраса, сложенная из валунной глины последнего оледенения. Присутствие в наносах террасы нескольких горизонтов леса, погребенных почв, валунных глин позволит выяснить историю развития речной долины на протяжении большей части или всего четвертичного периода. Примеры в этом отношении для Украины дает Крокос (см. список V, № 1 с большим перечнем литературы), также Мирчинк (глава XV, список VI, № 19), а для части Сибири—Кузьмин (там же № 13).



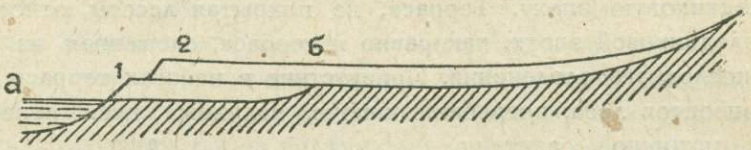
Фиг. 32.

Продольные террасы нужно следить вдоль по долине; если такая терраса, постепенно понижаясь, сходит на-нет на дне долины, то в этом месте должна быть поперечная терраса, выраженная хотя бы быстриной, так как здесь более юный продольный профиль (нормального падения) переходит в старый, соответствующий уровню данной террасы. Новая стадия размыва, создавшая эту террасу, еще не успела распространиться выше этого пункта, в котором размыв должен быть особенно заметен (фиг. 33).

Нужно заметить, что террасы не всегда представляют достаточно резко выраженные уступы. Их откосы, в особенности у террас накопления, имеют естественную тенденцию сглаживаться, становиться более пологими вследствие выветривания, смыва, сползания образующегося делювия. Поэтому вместо уступов у старых террас часто можно видеть только более или менее сглаженный откос (фиг. 34); об этом следует помнить, чтобы не пропустить подобное выражение имевшего место врезания реки. Выходы источников особенно способствуют сглаживанию террас. Террасы размыва, конечно, сохраняются дольше.

Продольные террасы обусловлены усилением размыва в данной долине; дно ее, представляющее кривую нормального падения, выработанную при известных условиях климата, от которого зависит количество воды в реке, и положения базиса эрозии, оказывается несоответ-

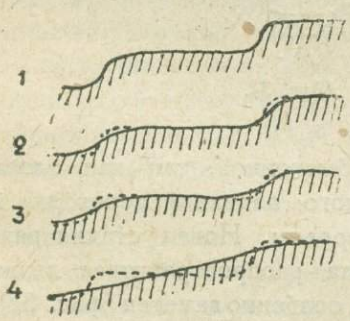
ствующим новым условиям и снова начинает углубляться. Резкие изменения климата, несомненно имевшие место в четвертичный период в связи со сменой ледниковых эпох междуледниковыми или сухих эпох дождливыми, обусловливают или усиление размыва или ослабление его. При ослаблении в области стока или даже размыва начнут отлагаться наносы, при усилении — наносы в области отложения и коренное дно



Фиг. 33.

а — базис эрозии; *1* — первая продольная терраса, оканчивающаяся в *б*, где река образует быстрину; *2* — вторая терраса, доходящая до верховий.

в области стока начнут размываться и появятся террасы. Повышение верхнего денудационного уровня при общем поднятии страны или данного хребта увеличивает уклон дна долины, и река начинает врезываться в коренное дно или в покрывающие его наносы. Понижение базиса эрозии обусловливает возобновление размыва от самого устья, т. е. врезание реки в наносы области отложения, затем, если это понижение значительное, то и в коренное дно долины. Продолжительность процесса нового врезания обусловливает распространение террас вверх по долине. Количество воды в реке зависит не только от абсолютного количества осадков, но также от коэфициентов стока и испарения, от уровня и обилия грунтовой воды, от числа и величины притоков реки. Наличие двух и более террас еще больше усложняет этот сложный вопрос о непосредственной причине возобновления врезания реки; причина может быть одна, но могут сочетаться и несколько. Поэтому выяснение причины образования террас требует очень тщательных и долговременных исследований и знакомства с соответствующей литературой (важнейшая указана в конце главы). При обще-геологических исследованиях придется ограничиться собиранием материала о числе террас, их высоте, составе, распределении, связи с конечными моренами, водопадами, быстринами. Вообще можно заметить, что при понижении базиса эрозии к низовьям реки увеличиваются вертикальные расстояния между террасами, а при поднятии верхнего денудационного уровня они уменьшаются; при действии обеих причин террасы остаются параллельными по всей длине; но изменения количества воды в реке могут влиять на эти признаки более или менее сильно.



Фиг. 34.

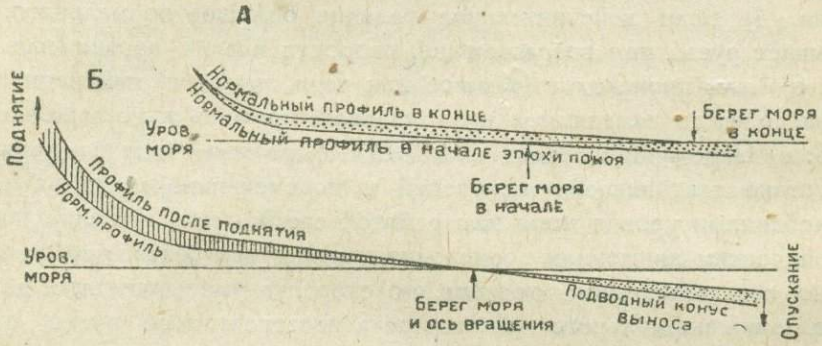
Квиринг в новейшей статье о тектонических причинах образования речных террас (см. список V, № 13) дает такую наглядную сводку: 1) Каждая река имеет естественный продольный профиль (нормальный профиль, определитель эрозии) параболической формы, соответствующий ее количеству воды, который она стремится удержать, сохраняя нормальную скорость течения. 2) При каждом нарушении нормального профиля река старается восстановить его, что достигается существенно тем, что она изменяет свою скорость и в связи с этим изменяет свою кинетическую энергию, силу переноса и эрозии, пропорциональную квадрату скорости. 3) Когда река достигла нормального профиля или когда ее действительный профиль (падение) меньше нормального, она начинает отлагать благодаря падающей силе переноса и эрозии. 4) Если действительное падение большое нормального, река врезывает русло при возрастающей скорости и силе эрозии или переноса. 5) Если происходит (вековое или периодическое) изменение количества воды, то изменяются и нормальный профиль и нормальная скорость. 6) Падение и скорость реки испытывают самые сильные нарушения вследствие тектонических движений и перемещений ее устья в связи с колебаниями уровня моря или работой самой реки. 7) Если благодаря тектоническим движениям происходит поднятие базиса эрозии относительно остальной части течения, то скорость уменьшается, и для восстановления нормального профиля река повышает свое русло, отлагая наносы. 8) Если благодаря тектоническим движениям происходит понижение базиса эрозии относительно остальной части течения, то скорость увеличивается, и для восстановления нормального профиля река углубляет свое русло. 9) Если в эпохи тектонического покоя базис эрозии отдаляется вследствие отхода моря или образования дельты, река повышает свое русло при ослаблении скорости для восстановления нормального профиля, эрозия ограничивается той частью верховий, которая имеет еще сверхнормальный уклон. 10) Если в эпохи тектонического покоя базис эрозии приближается вследствие поднятия уровня моря, падение и скорость увеличиваются, и река углубляет свое русло.

Из этих положений следует, что образование долин и террас зависит от трех изменчивых факторов—количества воды, тектонических движений в пределах речной системы и положения морского уровня. Каждый из них может нарушить нормальный профиль и скорость течения и вызвать эрозию или отложение на более или менее значительных участках русла. Наиболее крупное региональное значение несомненно имеет тектоническое понижение или повышение базиса эрозии; но мощное накопление наносов, слагающих террасы, в большинстве случаев происходит в эпохи тектонического покоя, когда река отодвигает свой базис эрозии, насыпая дельту. В послетретичный период в связи с резкими колебаниями количества воды в реках в зависимости от ледниковых и междуледниковых эпох и в связи с подпруживанием устьев рек, т. е. повышением базиса эрозии, озерами, образовавшимися позади конечных морен, нарушения нормального профиля в ту или

другую сторону должны были происходить неоднократно, обусловливая то накопление наносов, то размыв их и образование террас.

Фиг. 35 *Б* поясняет изменение нормального профиля благодаря поднятию области питания и опусканию морского дна (колебательное движение по обе стороны оси, совпадающей с морским берегом, т. е. базисом эрозии), вызвавшее эрозию в речной системе и отложения в прибрежной полосе. Фиг. 35 *А* поясняет изменение нормального профиля в течение эпохи тектонического покоя благодаря выдвиганию дельты реки.

В некоторых горных областях нередко можно заметить, что нижнее течение рек пролегает в ущельях, обилует быстринами, даже водопадами, тогда как выше долина становится шире, течение спокойнее, террасы



Фиг. 35.

Штрихи показывают глубину эрозии для восстановления нормального профиля; точки — толщу отложенных наносов для восстановления нормального профиля в *А* и подводной дельты в *Б*.

исчезают, а в самых верховьях ширина и заболоченность долин, пологость склонов свидетельствуют о большей старости. Эти признаки, замечаемые у многих рек гористой части Сибири, можно объяснить недавно происшедшим значительным понижением базиса эрозии, влияние которого еще не успело распространиться до верховий более крупных и длинных рек. Но подробно это явление еще не изучено.

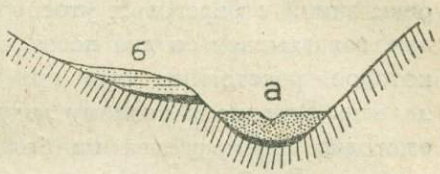
В местностях, содержащих россыпи ценных металлов (платины, золота, олова) или минералов (монацита, граната), выяснение наличности террас имеет и практическое значение, так как помимо россыпи, находящейся на дне долины, под современным руслом (фиг. 36 *а*) на продольных террасах размыва или накопления могли сохраниться более или менее крупные участки более древних россыпей, которые часто богаче русловых и почти всегда удобнее для разработки в виду меньшей водоносности; если подобная россыпь расположена выше современного русла, то она легко может разрабатываться ортами (фиг. 36 *б*).

Наиболее часто наблюдаются террасы разлива—пойменные или надлуговые, сопровождающие один или оба берега многих рек на большем или меньшем расстоянии от современного русла и омываемые водой только во время половодья. Высота их обыкновенно небольшая, и

они свидетельствуют о незначительном недавнем понижении базиса эрозии или об изменении режима реки, напр., в связи с уничтожением лесов.

При детальном изучении деятельности проточной воды и речных долин геологу очень поможет хорошее знакомство с новейшими руководствами по землеведению Мартонна, Пассарге или Филиппсона, указанными в предисловии, а по отдельным вопросам—с литературой, перечисляемой в этих руководствах и частью в списках в конце этой главы.

Деятельность речного льда в отношении изменения берегов и переноса материала также должна быть отмечена геологом. Пресная вода, как известно, имеет наибольшую плотность при +4,2° С.; поэтому, как бы ни были сильны морозы, река не может начать замерзать пока вся масса воды не охладится до этой температуры, и только после этого происходит охлаждение поверхностных слоев до точки замерзания. Медленно текущие реки могут тогда покрыться в одну холодную ночь ровным слоем льда; быстро текущие замерзают постепенно: от берегов, где течение замедляется, постепенно выдвигаются так называемые забереги; на тихих плесах образуются тонкие льдины (сало), уносимые течением; количество их быстро увеличивается и они покрывают, наконец, всю поверхность воды медленно движущейся пеленой, увеличиваясь за счет нарастания льда по периферии; затор этих льдин в каком нибудь месте—на повороте, в разветвлениях на рукава—останавливает их выше по реке, они налезают друг на друга, края их обламываются, нагромождаются и в результате ледяной покров реки получится неровный, торосистый.



Фиг. 36.

а — русловая россыпь: *б* — террасовая россыпь на террасе размыва и под террасой накопления.

Кроме поверхностного льда в замерзании многих рек принимает участие и так называемый донный, образующийся на дне; условиями его образования считают (см. список VI, №№ 1, 2, 4, 6, 7, 11, 13 и 14): 1) открытое, благодаря быстрому течению, водное пространство и 2) сильные морозы при ясном небе. Вода реки, благодаря быстрому течению, не может замерзнуть сверху, а благодаря лучеиспусканию переохлаждается во всей массе до—0,1°; тогда на дне позади всяких препятствий, замедляющих течение—валунов, утонувших деревьев, прутьев, якорных цепей и якорей и т. п., начинает нарастать донный лед, состоящий из плоских кристаллов, расположенных в разных направлениях; в промежутках между ними остается вода. Достигнув известной величины, этот ком донного льда, имеющий вид и рыхлость снега, отрывается от дна и всплывает, что замечается особенно часто при повышении температуры и пасмурной погоде; так как он тяжелее поверхностного льда, то может плыть и под водой. Всплывая, он увеличивает

количество поверхностного льда и способствует скорейшему замерзанию реки; но набиваясь под льдом в замерзших уже участках, особенно в изгибах, у мостов и там, где река делится на рукава, он обусловливает заторы и даже зимние наводнения, напр., в Иркутске, где р. Ангаре, текущей из Байкала и замерзающей только в конце декабря или в январе, особенно свойственно образование большого количества донного льда (шуги) и зимних наводнений; то же наблюдается и на Неве, текущей из Ладожского озера (здесь донный лед называют шорох или свин). Донный лед закупоривает сопла водоприемников, поднимает якоря и пр.

Для переноса материала донный лед имеет большое значение; поверхностный лед может уносить с собой материал только по вскрытии реки, именно песок, гальку и валуны, примерзшие к нижней его поверхности в заберегах, а также глыбы и щебень, упавшие на поверхность реки зимой с береговых утесов в ее горном течении. Донный лед, всплывая, захватывает со дна песок, гальку, даже валуны и уносит их на некоторое расстояние еще при замерзании, а весной транспортирует дальше. Благодаря речному льду известное количество грубых осадков ежегодно перемещается на большее или меньшее расстояние вниз по течению. Глыбы и крупные валуны, встречаемые среди более мелкого материала речных отложений в низовьях рек, объясняются переносом их речным льдом.

Механическое изменение берегов производится уже весенним льдом; толстые и прочные льдины при половодье нагромождаются на берега, бороздят аллювий желобами или сдвигают его в поперечные и продольные надводные валы—кекуры и корги, и подводные—опечки; шлифуют и царапают вмерзшим в них песком и галькой береговые утесы коренных пород и выступающие из воды валуны и выходы этих пород. На некоторых реках можно видеть естественную мостовую, созданную льдом на береговых откосах в промежутках между весенним и меженным урезами воды; она представляет валуны, расположенные более или менее тесно друг возле друга, с поверхности сглаженные, часто отполированные; в промежутках сохранился более мелкий материал, но все, что выдавалось над поверхностью мостовой, снесено льдом.

Все эти результаты механической деятельности весеннего льда на берегах рек должны быть описаны при геологическом исследовании последних. (Подробности см. у Лопатина и Ячевского, список VI, № 5 и 15.)

Наледи (тарыны). С этим явлением геолог может встретиться как во время зимних путешествий по Сибири и Северному Уралу, так и летом, так как крупные наледи в долинах небольших горных речек не успевают растаять до половины или даже до конца теплого времени года. Они обусловлены тем, что при сильных морозах и недостаточно толстом снеговом покрове лед, покрывший реку, нарастая сверху вниз, постепенно уменьшает живое сечение, и вода, не уменьшаясь в последнем, пробивается на поверхность льда через трещины или вздутия, заливает ее, снова замерзает и т. д., утолщая и расширяя за счет низких

берегов ледяной покров. Места речной долины, где развиваются наледи, очень неудобны для проезда зимой, так как приходится брести по каше из льда и воды. В долинах небольших речек толстая и широкая наледь, часто лежащая прямо на дне русла, не уносится водой во время весеннего половодья, а остается на месте и медленно тает, а речка бежит поверх льда или прокладывает новое русло рядом. Поэтому места, где образуются наледи в долинах небольших речек, характеризуются отсутствием растительности, представляя голые галечные площадки. Наблюдений в отношении закономерного распределения последних по долинам почти нет; полагают, что оно зависит от формы живого сечения русла, мощности наносов, дебита потока и распространения вечной мерзлоты. Поэтому желательно, чтобы геолог, встречая летом наледь, отмечал условия ее нахождения: площадь, занятую льдом, и толщину его, ширину и длину оголенной площади вокруг наледи, состав ее почвы, форму берегов и русла речки в этом месте, находится ли наледь в расширении или сужении долины, у устья бокового притока или вблизи выхода источников. В золотоносных долинах, где наледи удорожают разведку россыпей, работы могут дать наблюдения также относительно мощности и состава наносов и распространения вечной мерзлоты в местах образования наледей. Встречаясь с наледями зимой, геолог также может отметить некоторые данные относительно места образования их и самого характера, длины и ширины ее.

К явлениям наледей, но обусловленным деятельностью грунтовых вод, относятся:

1) Образование вспучивания почвы буграми на дне долин, благодаря тому, что свободный сток грунтовой воды в реку затруднен замерзанием поверхностных слоев; растительный слой вместе с деревьями поднимается плоским бугром, ядро которого состоит из льда; пробивающаяся вода вытекает из трещин и одевает бугор и сверху ледяной корой; такие бугры сразу бросаются в глаза по наклоненным в разные стороны деревьям. Так как лед под слоем почвы тает очень медленно то такие бугры можно видеть и отмечать даже летом. 2) Образование ледяных натеков и сталактитов в выемках дорог, разрезах золотых приисков, карьерах, каменоломнях, благодаря замерзанию высачивающейся грунтовой воды. 3) Появление воды в подпольях домов в долинах горных речек в начале зимы благодаря тому, что вода речки, стесняемая в русле утолщением льда, проникает в аллювий берегов и прорывается на поверхность в жилых домах, амбарах, банях, которые предохраняют почву от промерзания. 4) Образование ледяных конусов вокруг выхода источников на дне и склонах долин. 5) Поднятие дернового слоя почвы на лугах и низменностях речных долин в начале зимы и постепенное оседание его весной, замеченное уже в XVIII веке Палласом в долине рч. Онон-Борзи и Гмелиным в долине р. Аргуни (в Забайкалье).

Все эти явления заслуживают быть отмеченными геологом (подробности см. в списке VI, №№ 7, 8, 12 и 16); желательны новые наблюдения.

Образование наледей, бугров вспучивания, ледяных натеков в выемках, ледяных конусов на дне и склонах долин, в теплое время сухих, появление воды в подпольях домов, в банях, бараках и пр. находится в зависимости от распространения вечной мерзлоты в почве, препятствующей грунтовой воде уходить глубже в землю с началом морозов, когда стесняется ее циркуляция в поверхностных слоях благодаря их амерзанию (см. главу XV и список литературы в конце ее, отд. X).

Главнейшая литература

I. Овраги

1) Докучаев, В. Овраги и их значение, *1887.*

2) Ивченко, А. Овраги на плато Чокусу. С 5 рис. Еж. Геол. и Мин. Росс. XII, стр. 19—23, *1910.*

3) Керн, Э. 1) Овраги, их закрепление, облесение и запруживание. Изд. 3-е. М., 160 стр., *1897.* 2) Настоятельная необходимость принятия мер против песков и оврагов. „Лесн. Журн.“, в. 3, стр. 272—302, *1893.*

4) Масальский, В. Овраги черноземной полосы России, их распространение, развитие и деятельность. Изд. Мин. Земл. СПБ, 85 стр., *1897.*

5) Павлов, А. О рельефе равнин и его изменениях под влиянием подземных и поверхностных вод, „Землевед.“, кн. 3—4, стр. 91—147. *1898.*

6) Спарро, Р. Образование котловин как результат разрастания оврагов. Еж. Геол. и Мин. Росс., IX, в. 3, стр. 69—71, *1907.*

II. Грязевые потоки, сили, конусы выноса

1) Богданович, К., Карк, И., Корольков, Б., Мушкетов, Д. Землетрясение в северных цепях Тяньшаня 22 декабря 1910 г. Тр. Геол. Ком. Н. С., вып. 89, *1914.*

2) Машковцев, С. Несколько слов о катастрофе в г. Верном 8 июля 1924 г. „Геол. Вест.“ IV, 152—153, *1918—21.*

3) Мейстер, А. К. Восточная окраина Ленского золотоносного района. „Геол. Иссл. в зол. обл. Сибири. Ленский район“. Вып. X, *1914.*

4) Мушкетов, И. В. Верненское землетрясение 28 мая 1887 г. „Тр. Геол. Ком.“, X, № 1, *1890.*

5) Bennet, H. H. Soil vastage in the United States by erosion. „Scient. Monthly“, авг., *1928.*

6) Blackwelder, E. Mudflow as a geological agent in semiarid mountains. „Bull Amer. Geol Soc.“, 39, № 2. *1928.*

7) Brandt, B. Ueber Erdfliessen im norddeutschen Flachlande. „Zeit. Ges-Erd.“ Berlin, Nr 9, *1914.*

8) Conwey, M. Informal remarks, „Geogr. Journ.“, **30**, стр. 501, *1907.*

9) Fearnsides, W. and Wilcockson, W. A topographical study of the floodswept course of the Porth Lewyd above Dolgarrog (North Wales). „Geogr. Journ.“, ноябрь, *1928.* (Описание разрушений при прорыве большого барража.)

10) Girardin, P. Etudes des cônes de dejection. „Ann. de Géogr.“, Paris, 193—208, *1910.*

11) Guénot, M. Les inondations de 1897 et les effets du deboisement des Pirénées. Marseille, *1898.*

12) Horwitz, L. Contributions à l'étude des cônes de dejection dans la vallée du Rhône, Laussanne, „Bull. Labor.“, Nr 16 *1911.*

13) Howe, E. Landslides on the San Juan Mountaines, Colorado. „U. S. Geol. Survey", Prof. Pap. **67**, *1909.*

14) Lawson, A. C. The petrographic designation of alluvial fan formations „Univ. of Calif. Publ. Dep. Geol.", **7**, 325—334, *1913.*

15) Lehmann. O. Die Verheerungen in der Sandinggruppe etc. Absitzung, Bergsturz, Gesteinsstrom. „Denk. Ak. Wiss, Wien., math. nat. Kl.". Bd. **100**, *1926.*

16) Mc Gee, W. J. Sheetflood erosion. „Bull. Geol. Soc. Amer.". **8**, 87—112, *1897.*

17) Martin, E. Bodenflusserscheinungen im Frankenwald und im Vorigtland Drygalski-Festschrift, 224—228, *1925.*

18) Pack, F. J. The torrential potential of desert waters (Utah). „Pan-Amer. Geol." **4 (40)**; 349—356, *1923.*

19) Rickmers, W. R. The Duab of Turkestan. Cambridge, *1913.*

20) Stiny, J. Die Muren. Innsbruck, *1910.*

21) Tarnuzzer, C. Nollakorektion und Lüschersee. Ein Beispiel des Wildbachverbauung in Graubünden, „Pet. Mitt.", № 11, *1910.*

22) Wang, F. Grundriss der Wildbachverbauung. 2 части. Leipzig *1902—03.*

23) Kaiser, E. Ueber Fanglomerate, besonders im Ebrobecken. SB d. Bayr. Ak. d. Wiss., math. naturwiss. Abt. 17—28, München, *1927.*

III. Образование и формы речных долин

1) Гатуев, С. А. Явление захвата реки в бассейне Терека. Тр. Геол. Муз. Ак. Н., V, 151—172, *1929.*

2) Докучаев, В. Способы образования речных долин Евр. России. Тр. СПБ. О-ва Ест., IX, *1878.*

3) Клокман, Ф. О законности распределения крутых берегов некоторых рек сев. германской низменности. „Горн. Журн.", 1, № 2, стр. 231—244, *1885.*

4) Ласкарев, В. К вопросу о форме и строении склонов речных долин в Южной России. Мат. по изуч. почв. Херс. губ., вып. 6, Одесса, *1915.*

5) Леваковский, И. Способ и время образования долин на юге России (Тр. Харьк. Общ. Ест.?), Харьков, 46 стр., *1869.*

6) Оппоков, Е. 1) Режим речного стока в бассейне верхнего Днепра выше Киева за 1876—1908 гг. Сборн. 75-летия Д. Анучина, стр. 421—445, М, *1913.* 2) О водоносности рек в связи с атмосферными осадками и т. д. Зап. Р. Геогр. О ва, по общ. геогр. **47**, стр. 234—286, *1911.* 3) О перемещении русла рек Еж. Геол. и Мин. Росс., IX, в. 4—6, стр. 147—153, *1907.* 4) К вопросу о способах и времени образования речных долин в области среднего Приднепровья. Там же, VIII, стр. 79—90, *1906.*

7) Пузанов, И. Большой каньон Крыма. „Землев.", в. 1—2, стр. 99—123, *1925.*

8) Соколов, Е. Материалы к истории речных долин юга России. Еж. Геол. и Мин. Росс., XVI, в. 5—6, стр. 121—137, *1914.*

9) Хименков, В. О происхождении и геологической жизни верхневолжских порогов. Зап. Геол. Отд. О-ва Люб. Ест., Антр. и Этн., II. М., *1914.*

10) Barton, D. C. Meandering in tidal streams. „Journ. Geol.", № 7, 615—629, *1928.*

11) Brunhes, J. Le travail des eaux courantes. La tactique des tourbillons, Mèm. Soc. Frib. d. Sc. Nat., fasc. 4, Fribourg, *1902.*

12) Brunhes, B. et J. Les analogies des tourbillons atmosphériques et des tourbillons des cours d'eau et la question de la déviation des rivières vers la droite. „Ann de Geogr.", № 67, 28 pp., *1904.*

13) Calciati, C. Le travail de l'eau dans les méandres encaissés. Fribourg, *1909*

14) Chaix du Bois, E. Le pont des Oulles. „La Géogr." pp. 341—35., *1903.*

15) Darton, N. A reconaissance of parts of NW New Mexico and N Arisona. U. S. G. S. Bull. 435. (Каньон Колорадо), *1911.*

16) Deecke, W. Der Zusammenhang von Flusslauf und Tektonik, dargestellt an den Flüssen Südwestdeutschlands, Berlin, *1926.*

17) Dewey, H. On the origin of some river gorges in Cornwall and Devon. „Quart. Journ.". **72**, pp. 63—76, *1916.*

18) Eakin, H. The lateral erosion of streams. „Journ. Geol.", XVIII, № 5, pp. 435—447, *1910.*

19) Fabre, L. La dissymétrie des vallées et la loi dite de Baer etc. „La Geogr.", № 11, pp. 291—316, *1903.*

20) Gautier, E. Profils en long des cours d'eau en Algerie-Tunisie. „Ann. de Geogr.", XX, pp. 351—367 и 431—448, *1911.*

21) Goebel, F. Der Lauf der Ruhr als Modell einer heterogenen Stromlinie. „Geol. Rundsch". XVI, № 3, S. 166—177, *1925.*

22) Gumprecht, O. Zur Entwicklung der Wasserscheiden. „Pet. Mitt.", S. 90—98, *1891.*

23) Henkel, L. Zur Morphologie der Flussläufe. „Geol. Rundsch.", XVII, № 1. S. 1—4, № 4, S. 280, *1926.*

24) Hilber, V. 1) Die Bildung der Durchbruchstäler. „Pet. Mitt.", S. 10—16, *1889.* 2) Assymetrische Täler. Там же, S. 171—177. 3) Taltreppe. Graz. 51, S. (Joanneum), *1912.*

25) Lehmann, O. Tal- und Flusswindungen und die Lehre vom geographischen Zyklus. „Ztschr. Ges. f. Erd.", S. 171, *1914.*

26) Lozinski, W. Versuch einer Charakteristik der Canyontäler. Jahrb. d. Geol. Reichanst. **59**, 639 f., *1909.*

27) Margerie, E. L'étude des profils en long des cours d'eau français. „Ann. de Geogr.", pp. 318—342, *1910.*

28) Nussbaum, F. Die Täler der Schweizer Alpen. Bern, 116 стр., *1910.*

29) Penck, A. Die Bildung der Durchbruchstäler. Wien, *1888.*

30) Salomon, W. Die Rehbockschen Wasserwalzen und ihre Bedeutung für Erosion und Akkumulation. „Geol. Rundsch.", XVII, № 6, 418—427, *1926.*

31) Siedeck, R. Die natürlichen Normalprofile der fliessenden Gewässer. Wien, 21 стр., *1902.*

32) Tietze, E. Einige Bemerkungen über die Bildung von Quertälern. Jahrb. Geol. Reichsanst., **28**, S. 581—610, *1878.*

33) Ule, W. Die Aufgaben geographischer Forschung an Flüssen. „Abh. Geogr. Ges. Wien", IV, № 4, 225, *1902.*

34) Vacher, A. Rivières à méandres encaissés et terrains à méandres. „Ann. de Géogr.", XVIII, pp. 311—327, *1909.*

35) Van de Wiele, C. L'évolution du systéme fluvial de la moyenne et de la basse Belgique. „Bull. Soc. Belge Geol.", **25** Мем. 191—246.

36) Wilckens, O. Der Niagarafall. „Geol. Rundsch.", IX, H. 1—3. S. 32—45, *1919.*

37) Behrmann, W. Die Formen der Tieflandflüsse. „Geogr. Zeitschr.", **21**, S 459, *1915.*

38) Svenonius, F. Neue Beiträge zur Morphologie und zum Vorkommen der Riesenkessel. Geol. Fören. Forh., **40**, S. 731, *1918.*

39) Mayer, R. Ueber Erosion. Mitt. Geogr. Ges. Wien, **71**, № 10—12, *1928.*

IV. Перенос и отложение

1) Андрусов, Н. О глиняных валунах. Еж. Геол. и Мин. Росс. VI, в. 6, стр. 140—144, *1903.*

2) Аполлов, Б. Определение нарастаний баров, перекатов и заносимость каналов. Изв. Центр. Метеор. Бюро, в. 3, *1924.*

3) Криштофович, Н. Прибрежные глиняные катуны р. Вислы и т. д. Там же, X, в. 8, стр. 265—281, *1911.*

4) Черные реки Южной Америки. „Землев." кн. 1—2, стр. 264—269, *1905.*

5) Чиков, В. Заиление ирригационных каналов. Изд. Отд. Зем. Улучш., *1915.*

6) Чирвинский, В. Глиняные катуны и сферосидериты из окрестностей Канева, „Вестн. Укр. Геол. Ком.", в. 4, *1924.*

7) Шмидт, К. и Дорандт, Ф. Гидрографические исследования на Аму-Дарье. II. Илистые осадки в воде Аму-Дарьи. Тр. Аму-Дарьинск. Эксп., Изд. Р. Геогр. О-ва, в. 4. СПБ, *1878.*

8) Behning, A. Das Leben der Wolga, „Die Binnengewässer", V. Stuttgart. *1928.*

9) Fabre, L. L'érosion pyrénéene et les alluvions de la Garonne. „Ann. de Geogr.", XI, pp 24—42, *1902.*

10) Fargue, L. La forme du lit des rivières à fond mobil. Enc. d. trav. publ. hydrol. fluv. Paris, *1908,* 145 pp.

11) Frauenfelder, K. Über Entstehung der Flussinseln. München, *1897,* 45.

12) Frohmeyer, O. Untersuchungen der Sedimentführung der Flüsse etc. „Pet. Mitt.", S. 450, *1916.*

13) Gilbert, G. The transportation of debris by running water. U. S. G. S. Prof. Pap. 86, Washington, *1914,* 283 pp.

14) Keller, H. Sinkstoff und Geaschiebemengen bei Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen. „Pet. Mitt.", S. 457, *1916.*

15) Köhler, G. Der Hwang-ho, eine Physiogeographie. „Pet. Mitt." Erg. heft № 203, Gotha, *1929.*

16) Meunier, S. Observations sur les phénomènes diluviens et la structure intime du diluvium de la Seine. Congr. Géol. Int. C. R. de la VIII séss., Paris, f. 1, pp. 559—616, *1900.*

17) Owens, I. Experiments on the settlement of sand in running water. „Geogr. Jour.", **39**, pp. 247—265, *1912.*

18) Parkins, A. Valley filling by intermittent streams. „Journ. Geol.", 19, № 3, pp. 217—222, *1911.*

19) Reindl, I. Die schwarzen Flüsse Südamerikas. „Münch. Geogr. Stud.", № 13, S. 138, *1903.*

20) Schaffernack, F. Neue Grundlagen zur Berechnung der Geschiebeführung in Flussläufen. Leipzig—Wien, *1922,* **48**.

21) Singer, M. Das Rechnen mit Geschiebemengen. „Ztschr. f. Gewässerk.", 11, *1914.*

22) Stiny, J. Versuche über Schwemmkegelbildung. „Geol. Rundsch.", VIII, H. 5—8, S. 189—196, *1917.*

23) Water resources of Canada. Water resources paper № 60. Ottawa, *1927.*

24) Rehbock, T. Bettbildung, Abfluss und Geschiebebewegung in Wasserläufen. „Ztschr. d. d. Geol. Ges.", **81**, 497—534, *1929.*

V. Речные террасы

1) Крокос, В. И. Краткий очерк четвертичных отложений Украины. Бюлл Моск. О-ва Исп. Пр., Н. С. **34**, 214—259, *1926.*

2) Личков, Б. Л. 1) К вопросу о террасах Днепра. „Вестн. Укр. Отд. Геол. Ком.", в. 9, 77—97. Киев, *1926.* 2) О террасах Днепра и Припети. Мат. Общ. и прикл. Геол., в. 95, *1928.*

3) Рейнгард, А. Несколько слов о причерноморских и долинных террасах Кавказа. Еж. Геол. и Мин. Росс., XVII, в. 4—5, стр. 81—84, *1916.*

4) Федорович, Б. А. К вопросу о террасах в долинах Качи и Алмы в Крыму. Изв. Ак. Наук, ОФМ, № 3, *1929.*

5) Bodmer. Terrasen und Talstufen der Schweiz, ein Beitrag zur Erklärung der Talbildung. Zürich, *1880.*

6) Chaput, E. L'origine des terrasses de la Garonne. Bull. Soc. Geol. France, IV, Sér., t. 24, f., 6, pp. 449—461, *1924.*

7) Dawis, W. River terraces in New England. Bell. Mus. Comp. Zool., **28**, Geol. Ser. V, 7, pp. 281—346. Mass, *1902.*

8) Dietrich, B. Entstehung und Umbildung von Flussterrassen. „Geol. Rundsch.", II, № 8, S. 445—455, *1911.*

9) Gogarten, D. Über alpine Randseen und Erosionterrassen. „Pet. Mitt.", Ergänzh. № 165, *1910* (критика Lautensack, „Pet. Mitt.", № 1, S. 9—12, *1911*).

10) Henkel, L. 1) Die Terrassen des Maintals bis zum Eintritt in die oberrheinishe Tiefebene. „Geol. Rundsch.", X, S. 137—156, *1919.* 2) Bemerkungen über Flussterrassen, там же, XV, S. 144, *1924.*

11) Le Conte. A post-tertiary elevation of the Sierra-Nevada shown by the river beds. „Am. Journ. Sc.". **32**, p. 167, *1886.*

12) Nowak, E. Entstehung der Inntalterrasse. „Geol. Rundsch.", IX, H. 7—8, S. 178—190, *1918.*

13) Quiring, H. Über die tektonischen Grundlagen der Flussterrassenbildung. „Zeitd d. G. Ges.", № 6—7, *1926.* Mon. Ber. S. 156—163.

14) Sokol, R. 1) Die Flussterrassen. „Geol. Rundsch.", XII, H. 3 5, S. 193—228, *1921.* 2) Bemerkungen über Flussterrassen. Там же, XV, H. 4. S. 314—315, *1924.*

См. также в отделе III, №№ 2, 4, 8 и 11, в отделе IV, № 15.

VI. Речной лед

1) Альтберг, В. 1) Донный лед „Природа", № 1—3, стр. 55—74, *1925.* 2) Исследование донного льда в лаборатории и в природных условиях. 3 части (Сводка данных и литературы). Геофиз. Сборн. III, *1916.* (также „Метеор. Вестн.", *1918* и *1921.* Изв. Росс. Гидрол. Инст. *1921.* Изв. Гл. Физ. Обс., III, *1921*).

2) Владимиров, Л. 1) Образование льда на дне рек. Явления ледохода от всплывания льда. Процесс замерзания вод. СПБ, *1904.* 2) Новые понятия о процессах замерзания рек. „Журн. Мин. Пут. Сооб.", кн. **3**, *1907.*

3) Грауман, Л. К вопросу об образовании донного льда. „Зол. и Плат.", № 20, стр. 413, *1907.*

4) Кицинский, А. Донный лед, его роль и значение. „Водное Дело", июль—август, *1907.*

5) Лопатин, И. Об изборожденных и шлифованных льдом утесах на берегу Енисея. Зап. Русс. Геогр. О-ва по общ. геогр., IV, стр. 291—328, *1871.*

6) Лохтин, В. Ледяной нанос и зимние зажоры на Неве. Мат. для опис. русских рек, в. X. СПБ, *1906.*

7) Львов, А. Поиски и испытания водоисточников водоснабжения на зап. части Амурской ж. д. в условиях вечной мерзлоты. Иркутск, *1916*, 374 стр. с атласом.

8) Миддендорф, А. Путешествие на север и восток Сибири, т. III, ч. 1, стр. 422 (о наледях).

9) Обручев, В. Наши сведения об образовании ангарского и байкальского льда и т. д. „Изв. В.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. О-ва", XXIII, № 4, стр. 1—41, *1892.*

10) Отчет комиссии по изучению донного льда. „Изв. Русск. Геогр. О-ва", в. 2, стр. 289—306, *1905.*

11) Персианов, В. Некоторые заметки к вопросу об образовании донного льда и о борьбе с ледяными заторами. „Гидрол. Вестн.", II, № 3—4, стр. 149—159, *1916.*

12) Подъяконов, С. Наледи Вост. Сибири и причины их возникновения. „Изв. Русск. Геогр. О-ва", в. 4, стр. 305—337, *1903.*

13) Стефанович, Я. К вопросу о донном льде. „Изв. В.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. О-ва", **29**, № 3, стр. 191—215, *1898.*

14) Шостакович, В. 1) Толщина льда на водоемах Вост. Сибири. „Изв. Ак. Наук", № 5, 213—221, СПБ, *1902* и Иркутск. *1924*, брош. 12 с. 2) О причинах позднего

замерзания р. Ангары. „Изв. В.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. О-ва", 34, № 1, стр. 1—18, *1903.* 3) Материалы к климатологии Аз. России. Вскрытие и замерзание вод. Там же, 37, 179 стр., *1906.* 4) Донный лед. „Природа", № 2, 158—174, *1917.*

15) Ячевский, Л. 1) К вопросу об образовании речного льда и его влияния на скульптуру берегов рек. „Геол. исслед. в золот. обл. Сиб., Енис. зол. район, в. 5, стр. 53—128. СПБ, *1904.* 2) Материалы к вопросу об изучении образования донного льда. „Гидрол. Вестн.", № 4, 69—118, *1915.*

16) Ditmar, K. Ueber Eismulden im östlichen Sibirien (Mit Zusatz v. A. Middendorff). Mél. phys. et chim. Ac. d. Sc. de S. Pet. I. S. 480—496, *1852.*

17) Lüscher, G. Das Grundeis und daherige Störungen in Wasserwerken. Aarau, *1906.*

18) Physical characteristics of sea ice and river ice. „Geogr. Rev." N. Iork., January, *1929.*

19) Schostakowitsch, W. Über den Auf und Zugang der Flüsse. „Ann. d. Hydrogr.", Mai, S. 194—198, *1926.*

20) Hoyt, W. G. On the effects of ice on stream flaw. U. S. Geol. Surv. Water-supply paper, № 337, *1913.*

ГЛАВА XIII

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТОЯЧИХ ВОД

Стоячие воды—озера, моря и океаны—занимают более двух третей поверхности земли; изучение этих водяных масс составляет задачу крупных отраслей гидрологии—лимнологии, т.-е. науки об озерах, и океанографии, вернее океанологии, науки о морях и океанах. Геолога касаются только некоторые отделы гидрологии, именно разрушительная и созидательная работа стоячих вод и колебания их уровня, тогда как наблюдения относительно состава, цвета, прозрачности этих вод, их волнений и течений, требующие особого снаряжения и соответствующей подготовки, производятся специалистами-гидрологами.

Разрушительная и созидательная работа стоячих вод состоит как и у проточных, в размыве, перенесении и отложении материала, из которого создаются новые толщи осадочных пород. Колебания уровня интересуют геолога потому, что при них освобождаются от воды или погружаются в воду береговые пространства, и потому, что эти колебания свидетельствуют о движениях земной коры и помогают выяснить признаки трансгрессий и регрессий минувших геологических периодов. Разрушительная и созидательная работа стоячих вод и колебания их уровня отражаются также в той или иной степени на сооружениях и путях сообщения человека, следовательно, изучение их имеет практическое значение [1]).

Озера. Встречаясь в районе своих исследований с озером, геолог должен дать по возможности (в зависимости от общих задач своей работы и наличного снаряжения) полные и подробные ответы на следу-

[1]) При изучении отложений стоячих вод нужно принимать во внимание номенклатуру формаций и фаций, указанную в главе IV, тома I, стр. 141—143.

ющие вопросы: 1) К какой озерной области принадлежит данное озеро? 2) Является ли оно плотинным или котловинным и каков генезис его впадины? 3) Рельеф и состав дна этой впадины и ее склонов. 4) Характер и состав прибрежной полосы и побережья. 5) Тип и строение берегов крутых и отлогих. 6) Питание и сток. 7) Состав и распределение озерных осадков. 8) Возраст озера. 9) Состояние озера—равновесие, усыхание, переполнение и причины таковых.

Выяснение генезиса озерной впадины необходимо прежде всего; от него зависят многие особенности озера, которые легко понять, когда определен генезис. В генетическом отношении озера являются или плотинными, или котловинными.

Плотина, обусловившая образование озера, может иметь очень различный состав; ее может составлять стена льда, напр., ледника, заполняющего главную долину и подпруживающего воды боковой долины; далее лавина, оползень, обвал, поток лавы, конус выноса из боковой долины, старая конечная или боковая морена, береговой вал, гряда дюн или барханов, речные наносы в извилинах реки и в дельтах могут представлять плотину, от которой зависит существование озера; в кратерах, потухших или временно прекративших свою деятельность вулканов, также скопляется вода в виде озера. Изучение состава плотины выяснит генезис озера.

Котловина, занятая водами озера, может быть создана деятельностью ветра, т. е. выдуванием, воды, т. е. размывом, напр., у подножия водопада, и льда, т. е. коррозией; подобные эоловые, речные и ледниковые озера редко достигают значительной величины. Затем котловина может быть создана провалом почвы—в областях карста; таких карстовых озер в средней полосе европейской части СССР много. Наиболее же крупные из котловинных озер относятся к дислокационным или тектоническим, представляя или береговые участки моря, отделившиеся при медленном поднятии суши, или одно- и двусторонние грабены, заполнившиеся водой (Байкал, Мертвое море, озера центральной Африки). Изучение фауны озера, представляющее задачу зоологов, должно выяснить, составляло ли данное озеро когда либо часть моря, т. е. является ли оно по генезису морским, или же чисто материковым. В этом отношении интересно оз. Байкал, происхождение фауны которого, имеющей некоторые морские черты, долго являлось предметом спора (см. список II, № 30).

Изучение состава и строения берегов озерной впадины выяснит геологу в большинстве случаев генезис и тип озера; помогает в этом отношении немного и форма озера, так как озера эрозионные и провальные из котловинных, вулканические из плотинных имеют круглую или овальную форму, а все остальные—продолговатую, нередко извилистую.

Способ происхождения озера обусловливает его принадлежность к той или иной озерной области; различают:

1) Область озер морских побережий—от береговых валов, дюнные, некоторые тектонические.

2) Область озер речных низменностей — устьевые, дельтовые старицы.

3) Область озер складчатых гор—частью тектонические, частью—плотинные озера.

4) Область озер дизъюнктивных гор—тектонические озера (Мертвое море, Байкал, центрально-африканские).

5) Область вулканических озер — кратерные, маары, лавовых потоков.

6) Область ледниковых озер—моренные, ледниковые озера.

7) Область карстовых озер—провальные озера.

8) Область центрально-материковых озер—напр., центрально-азиатские, как плотинные, так и котловинные.

9) Изолированные озера различного генезиса.

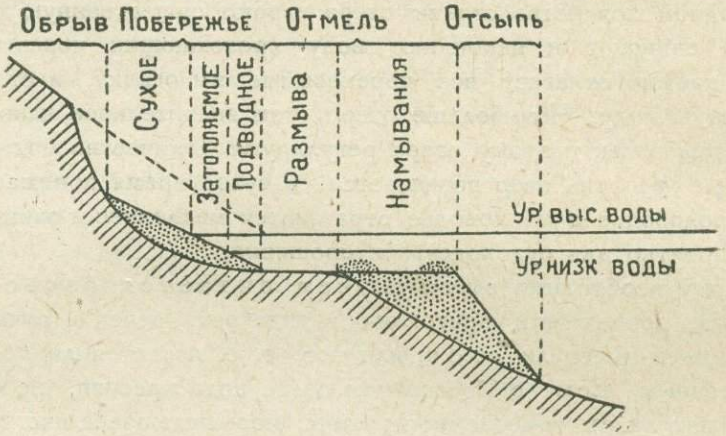
В водном хозяйстве страны озера играют существенную роль потому, что очищают и накопляют воду протекающих через них рек. В озере приток отлагает все переносимые им осадки, и сток озера имеет чистую воду. Чем больше озеро, тем значительнее накопленные в нем запасы воды; поэтому озера регулируют количество воды стоков; в половодье уровень озер повышается, в сухое время понижается, но на стоке половодье и мелководье отражаются медленнее и равномернее, что благоприятно для судоходства и орошения.

Поэтому необходимо выяснить, чем питается озеро—постоянными или временными притоками в виде рек, речек и ручьев, или источниками—и имеет ли сток, или нет, т. е. является ли проточным или бессточным. Если в бессточном озере вода пресная, необходимо выяснить, нет ли стока подземного; напр., моренные озера иногда имеют сток только в виде ключей, просачивающихся через морену; старицы, дюнные, устьевые и дельтовые озера также часто не имеют поверхностного стока и часто не имеют поверхностных притоков. На севере, где испарение воды с поверхности озера не превышает количества атмосферных осадков, озера также нередко не имеют ни поверхностных, ни подземных притоков и стоков. Но в более жарком и сухом климате озеро, не имеющее поверхностного или подземного стока, должно содержать соленую или солоноватую воду. Пресная вода в таком озере может быть объяснена только недавним его образованием; таково, напр., оз. Балхаш, у которого вода солоновата только в мелких заливах и бухтах, а среди озера пресная, или озера, образующиеся в низовьях р. Тарима. Поэтому качество воды в озере всегда должно быть отмечено, а также ее цвет и степень прозрачности (прозрачная, мутноватая, мутная), насколько это возможно без специальных приспособлений.

Относительно берегов озера нужно отметить являются ли они плоскими или крутыми; крутые берега могут быть скалистыми или заросшими, непосредственно омываемыми водой или отделенными от нее более или менее широким пляжем. Размыв и отложение на берегах озер мы рассмотрим ниже, совместно с таковыми на берегах морей, здесь же укажем, что у более значительных озер нужно различать среди

крутых берегов: 1) продольные вдоль по простиранию пластов, 2) поперечные и диагональные, пересекающие простирание под косым или прямым углом, и 3) нейтральные, сложенные из горизонтальных пластов или из массивных горных пород. Горизонтальное и вертикальное расчленение берега зависит от его типа, твердости слагающих его пород, развития трещин дислокационных и отдельности и должно быть описано. При участии в составе берегов как осадочных, так и изверженных пород получаются сложные или смешанные типы.

Площадь, занимаемую водой озера, и ее размеры—длину и ширину и протяжение береговой линии можно измерить по существующей или составляемой карте; число и величину притоков отметить в натуре, записать несут ли они чистую или мутную воду, образуют ли дельты и из какого материала (о дельтах см. ниже). Относительно поверхност-

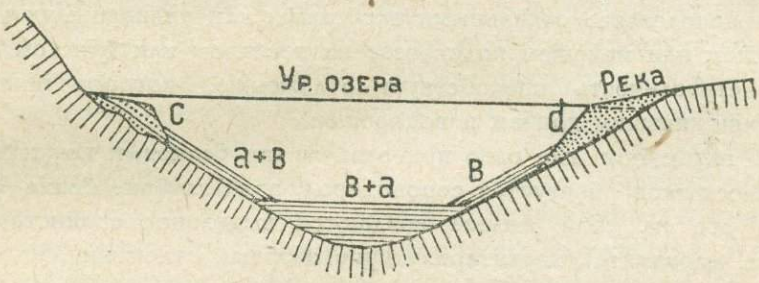


Фиг. 37.

ного стока важно выяснить, не находится ли он в стадии углубления и не угрожает ли спуском озера в недалеком будущем; это особенно важно относительно озер, образовавшихся вследствие обвалов и оползней, конусов выноса (не говоря уже об озерах лавинных и ледниковых), так как рыхлый материал их плотины легко размывается, и прорыв озерной воды угрожает катастрофическим наводнением для нижележащей местности. У подобных озер характер стока должен быть изучен особенно внимательно, сделаны наблюдения и собраны расспросные сведения относительно понижения уровня воды.

Озерные осадки бывают механические и химические; первые отлагаются во всех озерах, вторые—только в бессточных, так как в проточных они уносятся вместе с водою дальше, за исключением окислов железа, которые могут осаждаться. Для механических осадков каждое озеро является фильтрующим бассейном, в его стоячей воде должны оседать и мелкие взвешенные частицы. Более грубые осадки отлагаются быстро в самом устье притока, образуя дельту (см. ниже), мелкие уносятся в воде дальше и осаждаются постепенно по всему дну озера в виде слоев очень тонкого ила. Вдоль крутых или скалистых

берегов, где работает прибой, образуются и грубые осадки—валуны, галька, песок, отлагающиеся более или менее широкой полосой, как у морских берегов, и вглубь постепенно переходящие в тонкий ил дна (фиг. 37). Сбор осадков более глубоких частей озера требует особых приспособлений (см. инструкцию); геолог, не имеющий таковых, ограничивается изучением осадков дельт и береговой полосы, в которой осадки располагаются так же, как и на морских берегах. В общем, в озере нужно различать четыре рода аллювия (фиг. 38): 1) грубый озерный аллювий *c*, слагающий береговые отмели и осыпи, на всем протяжении берегов за исключением дельт притоков; 2) грубый речной аллювий *d*, вынесенный притоками, слагающий подводный и надводный конусы дельт; 3) тонкий речной ил *b*, осаждающийся по всей площади дна озера на известном расстоянии от дельт и береговых отсыпей и 4) тонкий озерный ил *a*, образующийся при размыве берегов прибоем, также осаждается по всей площади дна озера, смешиваясь с речным, но преобладая на склонах у подножия отсыпей.



Фиг. 38.

Петрографический состав речного грубого аллювия и ила зависит от состава горных пород в бассейне всего озера, а состав озерного грубого аллювия и ила—от состава берегов в сфере деятельности прибоя. На дне озера мы находим большею частью смесь озерного и речного ила, представляющую глину, мергель, очень мелкие песчинки, блестки слюды, озерный мел и органический ил (сапропель)—в зависимости от состава берегов и всего бассейна. Песчаные и галечные отложения дельт, отмелей и осыпей также более или менее проникнуты тонко отмученной глиной и содержат более грубые остатки животных и растений – кости, стволы, ветви, стебли. В маленьких и в сильно зарастающих озерах органический ил становится господствующим; этот сапропель на дне озера представляет вязкую серую массу, в которую нога погружается глубоко; в сухом виде он твердеет и получает раковистый излом; в состав его входят озерный планктон, испражнения рыб, водных моллюсков и насекомых, оболочки личинок и яиц последних, мелкие растительные остатки, особенно цветневая пыль и остатки водорослей, скорлупки, панцыри и оболочки диатомей и насекомых. При обилии диатомей сапропель становится кремнистым, при обилии глинистых или известковых частиц переходит в глинистый и известковый (напр., при

обилии известковых водорослей). В озерах, превращающихся уже в болота, господствует растительный материал и образуется торф. Органический ил может достигнуть нескольких метров толщины и заполнить все озеро.

В озерах, питаемых реками и ручьями с черной водой болот, богатой органическими кислотами и солями железа, на дне, на глубине от 1 до 5—10 м, и в местах, где нет течения, отлагается также железная руда в виде охристого ила черноватого, буроватого или зеленоватого цвета, переполненного остатками растений и животных и богатого студенистым кремнеземом; в сухом виде он распадается в серый или охристый порошок. В воде он постепенно твердеет, образуя плотные гнезда или пластинки, часто с оолитовой или пизолитовой текстурой, инкрустирующие корни водной растительности и содержащие животные и растительные остатки. Скопления руды могут достигать до 0,5 м толщины, располагаясь отдельными округлыми или удлиненными участками в большем или меньшем количестве на песчаном или илистом дне. Водная растительность способствует отложению, которое приписывают бактериям, низшим грибам и водорослям.

В глубинном иле озер при разложении белковых веществ органических остатков образуется сероводород, а на глубине более 40 м действием его на соли железа создаются выделения сернистого железа (пирита, марказита), характеризующие озерные отложения.

Даже на пологих уклонах озерного дна пропитанные водой отложения мелкого песка и ила могут придти в движение, сползая большими массами вниз в виде подводного грязевого потока и увлекая за собой ближайшую часть берега. Подобные оползания наблюдались на Цугском озере в Швейцарии, где в 1887 г. грязевой поток в 250 м ширины и 1.000 м длины увлек и утопил 20 домов. Таким оползанием может быть объяснена мелкая складчатость с надвигами в ненарушенных в общем древних озерных отложениях.

Затем необходимо выяснить в какой стадии развития—юности, зрелости, старости и дряхлости—находится данное озеро. Полный ответ на этот вопрос дают измерения глубин в продольном и поперечном направлениях и пробы осадков; но много данных можно собрать и при простом осмотре, а в небольших озерах измерить глубины простой веревкой с грузом или даже длинным шестом.

У озер в юной стадии берега нередко обрывисты или скалисты (в зависимости от состава) и непосредственно омываются водой; на дне осадков мало и везде проглядывают неровности ложа—скалы, бугры; у притоков отсутствуют дельты; подводной растительности нет. В стадии зрелости обрывы и скалы берегов отступают от воды, окаймляются полоской пляжа из продуктов их разрушения, сами более или менее сглаживаются и зарастают; неровности дна начинают исчезать под осадками; притоки выдвигают дельты; на дне появляется в мелких местах растительность. В стадии старости все дно уже выравнено аллювием и глубины почти везде одинаковы, медленно увеличиваясь к центру; обрывы

и скалы отсутствуют—они сильно отступили, сглажены и заросли; дельты притоков сильно выдвинуты, сокращая площадь озера; подводная растительность покрывает большие пространства. Наконец, в стадии дряхлости все дно горизонтально до склонов побережья и покрыто растительностью, а береговые камыши и тростники образуют широкие полосы, далеко выдвигаясь в воду, образуя даже заросли на отмелях среди воды; высоты берегов совершенно сглажены, дельты обширны, иногда делят озеро на отдельные части. В конечной стадии озера зарастают совершенно, превращаясь в болота с отдельными „окнами" свободной воды.

Необходимо отметить признаки *усыхания или переполнения* озер и по возможности выяснить причину этих явлений. Признаками усыхания являются: береговые валы, не достигаемые волнами даже при сильных бурях; кружевные скалы, горловины и береговые линии на скалистых берегах на некоторой высоте над современным уровнем; быстрый рост дельт; превращение островов в полуострова и косы; появление отмелей и островов из наносного материала, осушение береговых болот и мокрых лугов; врезание притоков в дельты и конусы выноса; обмеление или даже прекращение поверхностного стока; выдвигание зарослей камыша и тростника в воду, усиленное развитие подводной растительности. Если на берегах озера есть население, то расспросы его позволят установить начало и быстроту замечаемого усыхания. На больших судоходных озерах последнее отражается также обмелением пристаней, отодвиганием берега от населенных пунктов, образованием мелей в тех местах, где прежде была достаточная глубина и т. п.

При переполнении озера замечаются признаки противоположного характера: исчезновение пляжа у подножия крутых берегов и возобновление их размыва волнами; превращение мысов в полуострова и острова; сокращение дельт и конусов выноса, замена дельт эстуариями; заболачивание лугов, затопление лесов на плоских берегах; исчезновение мелей и островов; подпруживание притоков и заболачивание их дельт; затопление береговых сооружений, зарослей камыша и тростника.

Если имеются топографические карты местности разных городов, то сравнение их может легко обнаружить расширение или сокращение площади озера и изменение его очертаний.

Причины усыхания и переполнения бывают часто климатические, т. е. увеличение или уменьшение количества атмосферных осадков в области питания озера. Колебания от этих причин замечались, напр., на Аральском море и на озерах Зап. Сибири в течение XIX века, а менее значительные—на оз. Байкале. Но причиной усыхания может быть также постепенное врезание стока озера, напр., при понижении базиса эрозии или же отвод воды его притоков для орошения земель или изменение их направления, напр., в бассейне Тарима, где заиление конечных озер и образование новых при разливах реки выше по течению обусловило усыхание первых. Переполнение бывает при заилении стока, загреждении его обвалами, конусами выноса или искусственными соору-

жениями, при повышении базиса эрозии. Исследования должны выяснить ту или иную причину замеченного колебания уровня.

Древние озера. В исследуемой местности могут оказаться признаки не существующих уже озер четвертичного или более древних периодов в виде береговых линий (валов, террас) дельтовых и озерных отложений. Тщательное изучение этих признаков—высоты, распределения и характера береговых линий, состава, строения и распределения осадков,—позволит выяснить в большей или меньшей степени форму, размеры бывшего озера, положение устьев впадающих в него рек, распределение глубин, историю его жизни и исчезновения. Отложения третичных и более древних озер нередко содержат пласты угля, гипса, соли, залежи железных руд, озерного мела, литографского камня, иногда богаты остатками растений и животных, которые выясняют возраст и помогают определить историю жизни озера (см. отдел V, список литературы).

При специальных исследованиях озер необходимо пользоваться подробной инструкцией, изданной Русским Географическим О-вом (№№ 1 и 2 списка) и предварительно познакомиться с лучшими трудами по лимнологии (Гальбфасса, Фореля) и с описаниями озер данной или аналогичной местности.

Работа прибоя происходит как на берегах озер, так и на берегах морей. Для последних она является главным объектом, который может изучать геолог, так как исследование моря в других отношениях составляет уже задачу гидрографических экспедиций на соответственно снаряженных судах.

Прибой—это волны стоячей воды, создаваемые ветром и разбивающиеся о берега; морской прибой сильнее озерного, так как соленая морская вода тяжелее пресной, а площадь морей и их глубина, т. е. масса воды, приводимой в движение, больше, ветры на море сильнее и им помогают приливы [1]). Высота волн большею частью 3—4 м, но в открытом море или при штормах может достигать до 12 м; скорость их движения 6—10 м в 1 сек., реже до 20—35 м. Давление, производимое волнами, от 0,5 до 3 кг/см^2; оно усиливается поднимаемым водой твердым материалом—песком, галькой, валунами, которые ударяют, сверлят, истирают, шлифуют берега. Но уже на глубине 10 м от поверхности в движение может приходить только песок, а на глубине 200 м даже тонкий ил неподвижен под бушующей поверхностью воды.

Прибой обрушивается как на крутые, так и на отлогие берега, но на первых он производит размыв, на вторых—отложение. В северном климате в холодное время года работа прибоя очень облегчается тем, что во время отлива вода, проникшая в трещины утесов, замерзает и расширяет их, а во время прилива происходит оттаивание и смыв от-

[1]) В низовьях больших рек, достигающих 10 и более километров ширины, как, напр., Обь, Енисей, Лена, Печора, сильный ветер развивает волнение, подобное морскому, так что прибой волн разрушает берега.

делившихся осколков; это повторяется дважды в сутки и всю зиму идет разрушение.

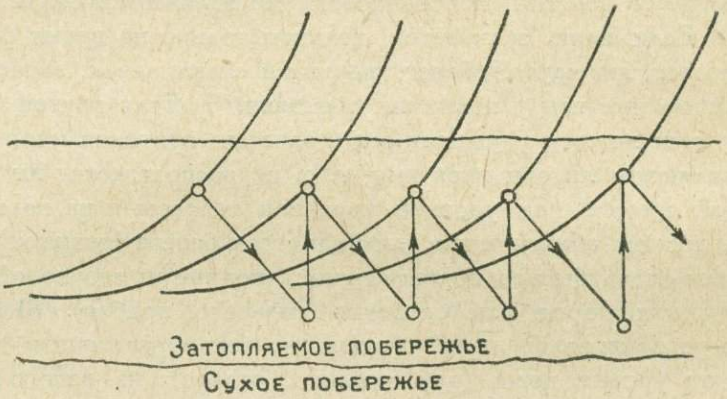
На крутом берегу нужно наблюдать: 1) Его состав и строение, т. е. условия залегания горных пород, как во всяком обнажении. 2) Крутизну—является ли берегой обрыв отвесным, нависающим к морю или отклоненным в сторону суши и под каким углом; не является ли он ступенчатым; в каком отношении находится поперечный профиль обрыва к его составу и строению; имеется ли желоб на высоте постоянного прибоя или выше или же он отсутствует. 3) Обрывается ли берег прямо в глубокую воду или же окаймлен пляжем—волноприбойной террасой и какой ширины. 4) Состоит ли пляж из скалы, из хорошо окатанного материала—песка, гальки, валунов или же покрыт только угловатыми глыбами или глыбами с валунами в промежутках. 5) Покрывается ли пляж во время прилива постоянно или же заливается только во время бурь. 6) Если пляж заливается целиком только во время бурь, то не обнаруживает ли крутой берег, признаки сглаживания, зарастания, накопления на нем или у подножия делювия. 7) Если крутой берег рассечен сухими логами, ущельями или долинами притоков моря или озера, то не являются ли они висячими, т. е. не располагается ли их дно на некоторой высоте над уровнем моря или террасы и на какой именно. Висячие долины объясняются или поднятием берега (понижением уровня озера) или очень быстро подвигающимся подмывом его водой (в случае очень рыхлых пород или особенно сильного прибоя). 8) Нет ли на пляже береговых валов, какой высоты, на каком расстоянии и на какой высоте от уровня воды (при приливе, отливе), из какого материала (песок, галька, мелкие, крупные валуны). 9) Является ли крутой берег продольным, поперечным, диагональным или нейтральным. 10) Нет ли останцев скал, столбов, отделенных прибоем от берега, на террасе или среди воды, форма и отношение к строению берега. 11) Тип берега по принятой классификации (см. напр., № 16 отд. VI списка литературы или очень дробную новую классификацию Шлютера, № 25).

На отлогом берегу, где происходит отложение, нужно наблюдать: 1) Ширину пляжа—оголенной от растительности полосы—его уклон и высоту его окраины над уровнем моря. 2) Состав пляжа (песок, галька, мелкие, крупные валуны). 3) Число, высоту, форму и состав береговых валов, расстояние их от уреза воды и высоту над ним. 4) Если участки отлогого берега, чередуются с участками крутого, то чему соответствуют первые—устьям притоков, выходам более мягких пород или тектонике (синклиналям, сбросам и пр.). 5) Присутствие лагун, заливов, кос (стрелок, пересыпей), дюн. 6) Тип берега.

Отложение материала происходит как выше уровня воды, благодаря работе волн, так и ниже, благодаря образующемуся отливному стоку; оно создает подводный пляж—намывную отмель и отсыпь (фиг. 37); на отмели часто можно наблюдать один или два плоские вала, параллельные берегу, над которыми опрокидываются более высоки волны.

Как на крутых, так и на отлогих берегах необходимо наблюдать,

соответствует ли состав гальки и валунов составу горных пород, выступающих по соседству или же примешивается посторонний материал и в каком количестве; последний может быть принесен притоком из глубины суши, но может быть также доставлен прибоем с более или менее далекого расстояния посредством передвижения его вдоль берега по зигзагообразному пути при косых волнах, т. е. направленных под углом к береговой линии (фиг. 39) (см. список VI, № 3). Зная состав берега в обе стороны от изучаемой местности, можно определить, откуда доставлен этот посторонний материал. В состав гальки всегда входят в том или другом количестве и такие вещества, как кирпич, черепица, стекло, фаянс, кости, дерево, каменный уголь, и чем населеннее берега моря или озера, тем больше этих материалов, которые также перемещаются косыми волнами вдоль берега.

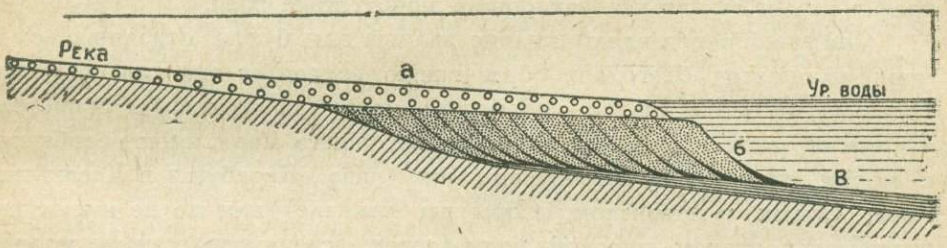


Фиг. 39.

Наблюдения относительно отдельных участков затем сводятся в общую характеристику берега исследуемой местности с выяснением закономерности сочетания крутых и отлогих берегов, их связи с строением, стадии развития и практическими выводами относительно разрушения и нарастания и их последствий для каких либо сооружений.

Дельты развиваются в устьях рек, как в озерах, так и в морях, благодаря отложению грубого и мелкого материала, выносимого проточной водой. Уровень стоячей воды делит дельту на две части— надводную и подводную; первая имеет очень пологий уклон, вторая— более крутой. Более грубый материал отлагается в надводной части и на верхней части подводной, более мелкий уносится дальше, причем в озерах в теплое время года, когда речная вода теплее озерной, первая распространяется по поверхности второй на значительное расстояние от устья и разносит с собой самый тонкий ил, осаждающийся уже вне дельты на дно озера. В морях, где соленая вода тяжелее пресной, последняя всегда распространяется по поверхности первой на большое расстояние от устья, унося тонкий ил далеко. Прибой в морях и озерах, приливы и отливы в морях нарушают это нормальное осаждение, обусловливая перемешивание воды; в реках действуют еще повышение их

уровня и силы переноса при половодье, когда более крупные осадки, отложенные во время мелководья в одной части дельты, уносятся дальше. Наконец, речной лед выносит в озера и моря более грубый материал более или менее далеко от устья. Все это в совокупности объясняет сложный состав и строение дельт, в которых слои мелкого и крупного галечника, мелкого и крупного песка и ила перемежаются друг с другом в различных отношениях, но с преобладанием более грубого в надводной, более мелкого—в подводной части. Дельты крупных рек состоят почти исключительно из песка и ила с отдельной галькой и валунами, вынесенными льдом. В надводной части дельт наслоение осадков горизонтальное, в подводной—наклонное от берега с неправильным вклиниванием слоев разной крупности зерна друг в друга. Так как дельта постепенно выдвигается вглубь бассейна, то горизонтальные слои надводной части перекрывают наклонные подводной, а последние перекрывают почти горизонтальные отложения на дне (фиг. 40).



Фиг. 40.

Разрез дельты: *а* — поверхностные осадки реки, *б* — подводные осадки, *в* — донные осадки реки и озера (моря).

При изучении дельты нужно определить: 1) Площадь и форму дельты (по картам или съемкой) и отношение ее береговой линии—выдается ли она в сторону бассейна или заполняет только бухту. 2) Не замечается ли асимметрия дельты—отклонение ее в одну сторону, и чем оно обусловлено. 3) Характер разветвления реки на главные и второстепенные рукава и целые сети проток. 4) Характер местности между рукавами—ровный или холмистый, заросший или оголенный, сухой или заболоченный; состав растительности. 5) Состав и наслоение наносов, обнажающихся в берегах рукавов (в мелководье). 6) Присутствие, распределение и состав дюн. 7) Выходы горючих газов из почвы и стариц. 8) Изменение формы и распределения рукавов и быстрота роста дельты—сравнением старых и новых карт и расспросами. Сильный прибой или опускание берега могут остановить рост дельты или даже обусловить уменьшение ее, что очень важно констатировать. 9) Условия, благоприятствующие или препятствующие росту данной дельты.

Изучение состава дельтовых наносов в глубине проводится при помощи буровых скважин, а исследование подводной части является уже задачей гидрографии; геолог может принять участие изучением добытых проб осадков.

Эстуарии. В случае опускания берега моря или переполнения озера реки не образуют надводной дельты, а оканчиваются одним или несколькими расширенными воронкообразными устьями, которые называются эстуариями. Исследование их, связанное с промерами, составляет задачу гидрографии, но геолог должен констатировать, что река не образует дельты и описать характер ее устья. В морях образованию дельт препятствуют также сильные приливы и отливы, которые распределяют выносимый рекой взвешенный материал на значительной площади, а затем и течения, уносящие его вдоль берега дальше. При объяснении отсутствия дельты эти причины также должны быть приняты во внимание.

Бары представляют подводную отмель из мелкого материала (песка, ила), образующуюся в море или озере (редко) на некотором расстоянии от устья реки, благодаря столкновению проточной и стоячей воды. Изучение баров, их роста и перемещений является задачей гидрографа; геолог может констатировать присутствие бара.

Лагуны представляют мелкие заливы или бухты, отделившиеся от моря или озера благодаря образованию пересыпи; они характеризуют большею частью очень отлогие берега, часто (но не всегда) свидетельствуют об усыхании озера или поднятии берега моря, имеют сообщение с морем по проливу через пересыпь (напр., Карабугаз в Каспийском море, Сиваш в Азовском, Соры на Байкале) или же не имеют его, питаются притоком пресной воды (речек, источников) или же морской воды по проливу или просачиванием ее через пересыпь и, в зависимости от притока и стока, имеют пресную, соленую или солоноватую воду. Берега их могут быть заболоченные и заросшие, оголенные, покрытые дюнами. Все эти обстоятельства должны быть отмечены геологом. Лагуны, питающиеся морской водой по проливу или через пересыпь, в случае достаточно сухого климата представляют лучшее место для устройства испарительных бассейнов соляных промыслов. Примеры— Сиваш, Сакское озеро, Чокракское, Ак-таш, Чуру-баш, Тобечик, Элькин, Качик на Керченском полуострове (где некоторые из них представляют бывшие морские заливы, далеко вдающиеся в сушу среди возвышенной местности).

При исследовании лагун нужно определить их форму, величину, глубину, характер берегов, притока и стока, взять пробы воды и осадков на дне; если есть сообщение с морем по проливу, то важно установить, происходит ли по нему только приток воды из моря, или только сток ее в море, или то и другое; в таких случаях в теплое время года вода из лагуны, как более теплая, течет в море по поверхности, а более холодная морская обратно по дну пролива; в холодное время направление может меняться. Но если пролив не глубок, а лагуна имеет большую поверхность, то стока в море может и не быть; таков Карабугаз, который служит испарительницей для Каспийского моря и конденсирует соли. Детальное исследование соленосных лагун производится так же, как и соляных озер.

Лиманы представляют эстуарии, т. е. затопленные морем низовья речных долин, но отделившиеся уже от моря пересыпью; от лагун они отличаются именно тем, что первоначально представляли часть суши, углубленную эрозией, тогда как лагуны первоначально представляли часть моря, отрезанную пересыпью. Бросающееся в большинстве случаев сразу в глаза различие лимана и лагуны состоит в том, что первый имеет более узкую и длинную форму, составляет непосредственное продолжение большой речной долины (хотя бы не содержащей в настоящее время постоянной реки), имеет более или менее высокие, иногда даже крутые берега и располагается перпендикулярно, редко наискось или параллельно морскому берегу. Лагуны могут иметь очень разнообразную форму, но большею частью округленную, а если вытянуты в одном направлении, то параллельно морскому берегу; берега их большею частью низкие, хотя высокие и даже крутые не исключены; если в лагуну открывается речная долина, то последняя ни по размерам, ни по направлению не сочетается закономерно со впадиной лагуны. Лиманы иногда имеют узкие ветви в долины притоков низовья прежней реки, как Березанский (фиг. 41); иногда они извилисты, как Тилигульский, Хаджибейский. Название „лиман" применяется иногда неправильно, напр., все лиманы Таманского полуострова представляют лагуны; хотя в некоторые впадают рукава р. Кубани, но они не представляют продолжение ее долины, а образовались впереди ее дельты из морских заливов благодаря пересыпям, материал для которых доставляла Кубань. С другой стороны, есть лиманы, не носящие этого имени, напр., оз. Узунляр на южном берегу Керченского полуострова; это низовье долины несуществующей уже реки, затопленное морем и отделенное пересыпью. Иногда лиман сочетается с лагуной, напр., Утлюцкий лиман у Геническа в своей северной части представляет маленький лиман, а в главной юго-западной—лагуну.

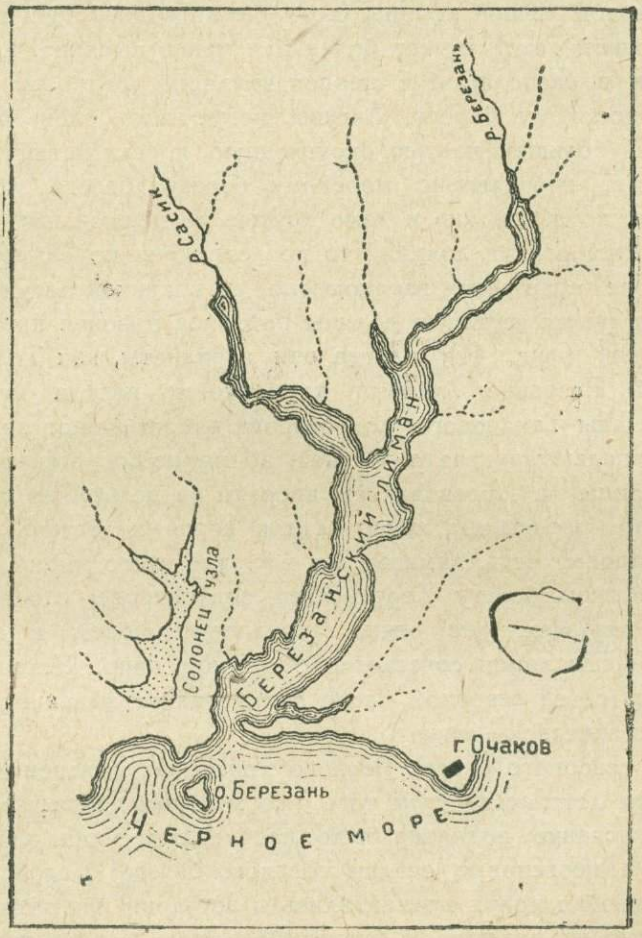
Лиманы северного берега Черного моря, как выяснено Соколовым, являются доказательством того, что местность испытала недавние поднятие и опускание; поднятие было необходимо, чтобы реки врезали свои долины в неогеновые осадки морского берега; благодаря опусканию берега низовья долин превратились в эстуарии или даже в морские заливы, судя по их осадкам и фауне. Отделение залива или эстуарии от моря могло произойти благодаря его заполнению осадками реки и моря и намывающей деятельности последнего в устье. Но возможно что оно было облегчено и ускорено небольшим поднятием, сменившим опускание.

Лиманы, подобно лагунам, могут иметь поверхностные притоки в виде реки и сток по проливу через пересыпь в море, но могут и не иметь таковых: река могла исчезнуть и пролив засыпаться; в таком случае питание лимана происходит благодаря грунтовой воде, стекающей подземно под прежним руслом реки, и просачиванием воды из моря через пересыпь.

В зависимости от соотношения притока и стока и площади испаре-

ния лимана последний имеет воду пресную, солоноватую или соленую, может служить для добычи солей и целебной грязи.

При исследовании лимана должны быть изучены: строение и состав его берегов, приток и сток, глубина, состав воды и осадков, колебания уровня и состава воды в различное время года; колебания притока и стока; фауна и флора, погребенные в осадках и ныне существующие. Таким образом, собственно геологические исследования лиманов, как и



Фиг. 41.

лагун, сочетаются с гидрологическими и биологическими, которые должны производиться соответствующими специалистами. В результате такого комплексного изучения будет выяснена история образования и жизни этих частей моря, а также их экономическое значение.

Соляные озера. Озера, вода которых является более или менее соленой, называются соляными; если содержание солей настолько значительно, что в известные (сухие) периоды происходит выделение и осаждение их на дне, озеро называется самосадочным.

По генезису соляные озера могут быть, подобно пресным, плотин-

ными или котловинными, а по положению—морскими или материковыми (континентальными). Морское озеро представляет совершенно отделившуюся от моря лагуну и питается или питалось морской водой. Континентальное озеро никогда не было в связи с морем и получает соли от своих притоков—источников или рек, которые могут выщелачивать эту соль из древних морских отложений с соленосными глинами, прослоями или штоками солей, слагающих дно или окрестности озера, т. е. приносят в озеро уже более или менее соленую воду, или же являются пресными, а в озере происходит накопление солей благодаря отсутствию стока и удалению притекающей воды исключительно испарением. Так как пресная вода всегда содержит некоторое количество разных солей, то в озере постепенно они накопляются, так что оно становится соляным или даже самосадочным.

В зависимости от питания озера, и состав солей в его воде и осадках будет различный; морские озера и питающиеся рассолами содержат в общем те же соли, что и морская вода, тогда как в озерах, питаемых пресной водой, преобладают сернокислые соли, особенно натрия, менее магния и калия, редко углекислые или борнокислые. Поэтому соляные озера делят на собственно соляные, горькие (гуджирные), содовые и борные.

При исследовании соляного озера необходимо определить: его площадь, форму, глубину; количество и характер притоков и состав их воды; состав воды или рапы озера в разное время года; состав и строение берегов; происходит или осаждение солей; постоянное оно или периодическое, в какое время года и в каком количестве; состав осаждающихся солей; состав озерного дна—ил, песок, слои солей разного качества и строения. Постоянное осаждение может также колебаться по временам года и по сухим и влажным годам, напр., в влажные года переходя в периодическое; последнее в влажные года может прекращаться. Некоторые соляные озера, особенно континентальные, после продолжительной разработки становятся горькими вследствие извлечения поваренной соли и оставления горьких солей. Все эти особенности выясняются расспросами и продолжительными наблюдениями.

Для изучения соляных озер необходимы шурфовка и бурение, а для взятия образчиков воды и осадков — соответствующая посуда: бутылки или бутыли и банки, лучше с притертыми пробками; обыкновенные пробки нужно заливать сургучом, парафином или стеарином.

Солончаки, шоры и такыры в одних случаях также представляют результаты деятельности стоячей воды, хотя вообще уже или большую часть года не покрыты водой; в других случаях они обусловлены деятельностью атмосферных осадков и грунтовой воды.

Солончак представляет площадь с сухой или влажной почвой, покрытой более или менее густыми выцветами солей или даже сплошной коркой солей и скудной своеобразной растительностью, приспособленной к питанию соляными растворами.

Солончаки, подобно соляным озерам, по генезису бывают морские

и континентальные; одни представляют ложе высохших соляных озер, морских заливов и лагун, пропитанное солями; другие представляют впадины, в которых, благодаря эрозии, обнажены или близки к поверхности морские соленосные отложения. В тех и других источник солей, выступающих на поверхность, вполне ясен. Но во многих местах солончаки занимают плоские впадины, в которых временно скопляется дождевая или снеговая вода, стекающая с окрестностей, или даже ровные пространства, плохо дренированные. В таких солончаках соли представляют продукт выветривания и сносятся водой из окрестностей или выпадают вместе с атмосферными осадками и постепенно концентрируются в почве. Солончаки наиболее распространены в местностях с сухим климатом, где испарение превышает количество атмосферных осадков и где благодаря этому грунтовая вода капиллярным путем поднимается к поверхности и, испаряясь, оставляет содержащиеся в ней соли в виде выцветов. Во время дождя эти выцветы (или часть, если их много) растворяются и впитываются в почву, а потом опять выносятся наружу. Солончаки особенно распространены в Туркмении, Туркестане, Центральной Азии, а также на юго-востоке европейской части СССР, в Киргизской степи, Минусинском крае и Забайкалье, встречаются даже в Якутской АССР. Солончаки разделяются на сухие, теперь называемые солонцами, и мокрые, а первые еще на твердые и пухлые. Последние имеют очень рыхлую, пухлую, мелкопесчано-глинистую почву, богатую кристаллами, иногда прослойками солей, одетую тонкой твердой глинистой коркой с мелко-бугроватой поверхностью и выцветами солей; продавливая ее, нога погружается на 5—10 см в рыхлую почву; на небольшой глубине последняя становится уже влажной и вязкой, суглинистой, гипсоносной или же песчаной с соленой водой. Редкая растительность из разных солянок ютится на плоских бугорках, в которых под ее защитой почва накопляется ветрами; кустики хармыка (*Nitraria Schoeberi*) и разных тамарисков растут на холмиках или (тамариски) даже высоких до 10 м буграх, обусловленных тем же процессом. После дождя такой солончак становится грязным, с липкой почвой. Другие сухие солончаки отличаются, наоборот, твердой глинистой почвой, покрытой выцветами соли и разбитой в сухое время тонкими трещинами, растительность представляет только мелкие солянки, кое где распластанные на поверхности; они составляют уже переход к такырам.

Мокрые солончаки даже в сухую погоду представляют вязкую, мелкобугроватую, песчано-глинистую почву с выцветами солей, бугорками и буграми растительности, кое где с лужицами желтой соленой воды, окаймленными густыми выцветами. В Закаспийской области шорами называют не только такие мокрые солончаки, но и другие, с влажной песчаной почвой, в которой на глубине уже 10—20 см выступает соленая вода.

При уменьшении количества выцветов солей и улучшении растительности можно наблюдать переход солончака по его окраинам в солончаковую (или солонцовую) степь; последняя встречается также само-

стоятельно, занимая более или менее обширные площади, в которых засоление поверхностных слоев почвы менее значительно, в тех же местностях Европы и Азии. Солонцы и солончаки могут быть созданы даже деятельностью человека при спуске избытка воды с орошаемых полей на соседние пустыри, где вода застаивается, испаряется и почва покрывается более или менее густыми выцветами солей, частью принесенными водой, частью извлеченными из почвы; такие примеры можно наблюдать в Хиве, Туркмении, Туркестане. Различают еще так называемые ложные солонцы, образующиеся даже при достаточном количестве осадков на подзолах северной полосы СССР; их выцветы состоят из порошковатого кремнезема. К этой категории относятся также степные блюдца черноземной полосы, образующиеся в плоских впадинах, где долго застаивается весенняя вода. Неплодородие этих ложных солонцов обусловлено не избытком, а недостатком растворимых солей в почве.

Хотя изучение солончаков и солонцов представляет задачу почвоведов (см. список X № 1, новейший труд акад. Гедройца), но геолог, встречающийся с ними в районе своих работ, должен отмечать их наличие и положение, размеры занятых ими площадей, состав почвы, характер выцветов и растительности, причины возникновения и тип — сухой, пухлый или твердый, мокрый. Сбор корки или выцветов солей позволит посредством анализа выяснить их состав; в этом отношении различают по преобладанию тех или иных солей: 1) по анионам—солончаки карбонатные сульфатные, галоидные и смешанные, и 2) по катионам—натриевые, кальциевые, магниевые. В составе солей солончаков и солонцов континентального генезиса обыкновенно преобладают карбонаты или сульфаты, а в морских—галоидные соединения. По окраинам солончаков, оставшихся на месте исчезнувших лагун и озер, можно наблюдать плоские террасы усыхания и береговые валы, а если берега крутые или утесистые, то и старые береговые линии и желоба и собирать остатки озерной или морской фауны.

Такыры представляют совершенно голые площади с абсолютно ровной, как паркет, твердой глинистой почвой, растресканной в сухое время полигонально на четырех-, пяти- или шестиугольники. На них растительность отсутствует и даже подковы оставляют едва заметный след. Во время дождей такыры превращаются в мелкие обширные озера. Почва их состоит из тонких слоев мелкопесчано-глинистого ила. Такие такыры особенно распространены в Закаспийской области вдоль окраины песков у подножия Копет-дага; во время дождя мутные воды временных ручьев заполняют их водой и приносят тонкий ил, отлагающийся на дне этих временных озер, обусловленных плотиной из песчаных бугров. По окраине такыров встречаются песчаные бугорки, и почва становится более грубой и неровной от примеси песка, нанесенного ветром в воду или на липкую, не просохшую еще поверхность. Такие же такыры образуются на дне замкнутых впадин, куда во время дождей стекает вода, сносящая мелкий материал с окружающих высот; их называют также хаками.

В случае галечно-песчаной почвы в окрестности такыра почва последнего также становится более грубой песчаной с примесью мелкой гальки и менее ясно слоистой. В почве, а также на поверхности такыров могут быть выцветы солей. Почва часто мелкопористая, иногда же лишена слоистости. По краям многоугольников поверхностные слои нередко загибаются и даже закручиваются, отделяясь от налегающих.

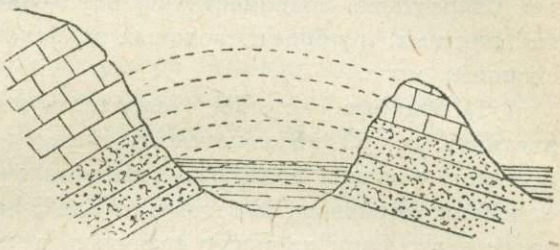
При изучении солончаков и такыров нужно определить их форму, величину, состав почвы, характер ее поверхности и растительности, взять образцы почвы и выцветов солей и выяснить причину образования.

Острова озер и морей представляют или результат размыва, если представляют участки берега, отделенные от него деятельностью прибоя, или результат поднятия уровня воды (погружения берега) с затоплением перешейка прежнего полуострова, или же результат намывающей деятельности моря или озера. Извержения грязевых сопок или настоящих вулканов и работа организмов—кораллов, мшанок, губок, водорослей — также могут создать остров. Наконец, у высоких скалистых берегов обрушившиеся крупные глыбы могут образовать островки, вернее надводные прибрежные скалы.

Встречая остров в районе своих исследований, геолог должен определить его состав и строение и в зависимости от этого выяснить генезис острова. Намывные острова всегда плоские, низменные и состоят из песка, ила, галечника с остатками створок моллюсков и других животных. Сопочные острова состоят из сопочной грязи и очень быстро размываются волнами, тогда как намывные более долговечны и могут даже покрыться растительностью. Небольшие прибрежные скалистые островки, созданные размывом берега, не всегда легко отличить от свалившихся в воду глыб; в первых условия залегания пластов должны соответствовать таковым в соседнем берегу, составляя продолжение последних; но если островок, как и берег, состоит из массивной породы, то условия залегания не дают ответа; если в береговом обрыве и в острове падение пластов к береговой линии, т. е. друг к другу, или же в обоих от береговой линии, то они могут представлять остатки синили антиклинальной складки, но остров может быть и обрушившейся глыбой (фиг. 42) и т. п. При крупных оползнях берега давление сползших масс может также создать выпучивание морского или озерного дна в виде островка, параллельного берегу, который можно принять за намывной, если не обратить внимания на строение берега. При изучении островов нужно выяснить также, уменьшаются ли они или увеличиваются и по какой причине—вследствие размыва, намыва или же изменения уровня воды. Ответ дадут наблюдения на берегах острова, сравнение старых и новых карт и расспросные сведения.

Признаки изменения морского уровня представляют весьма важный объект для наблюдения. Соответственно тому, что уже сказано о признаках усыхания и переполнения озер, на морских берегах необходимо выяснить, происходит ли их поднятие или погружение или же уровень воды остается постоянным. При поднятии берега получается

прирост суши, береговые линии (волноприбойные террасы, желоба, кружевные и источенные сверлящими животными скалы) на крутых берегах, намывные террасы и береговые валы на отлогих оказываются уже вне сферы деятельности прибоя; крутые берега начинают сглаживаться и зарастать, береговые валы покрываются растительностью, захватывающей постепенно и всю часть пляжа, не омываемую больше волнами даже при сильных бурях. Эти береговые линии должны быть прослежены и их высота над уровнем моря определена в разных пунктах, так как поднятие берега может быть неравномерным и тогда *старая* береговая линия окажется не параллельной современной. Затем, при поднятии острова превращаются в полуострова, соединяясь перешейком с берегом, мели, ракушечные банки поднимаются над уровнем воды, речные дельты быстро возрастают, заливы превращаются в лагуны, гавани мелеют, прибрежные болота и торфяники осушаются, обнажающееся на больших площадях дно мелкого моря может дать начало образованию дюн. Сравнение старых карт с новыми и расспросы у населения могут определить скорость происходящего поднятия. Весьма характерный признак недавного поднятия—присутствие висячих долин, врезанных в крутой берег, в устье которых речки образуют водопады, напр., на западном берегу о. Сахалина.



Фиг. 42.

При погружении берега признаки обратные: береговые линии скрываются под водой, не успевающей создавать новые; крутые берега начинают усиленно размываться, пляж у их подножья исчезает или сокращается; глыбы у подножья крутых берегов, заливавшиеся только при волнении, скрываются под водой, полуострова превращаются в острова, выдвинутые мысы—в полуострова; мели исчезают, дельты сокращаются, прибрежные низменности и леса заболачиваются, лагуны воссоединяются с морем, пересыпи превращаются в мели; дюны, отделенные от уреза воды широким пляжем, оказываются в сфере действия прибоя и начинают размываться; прибрежные сооружения затопляются. Сравнение старых и новых карт и расспросы могут определить скорость погружения суши.

Кроме этих признаков погружения или поднятия, наблюдаемых вдоль самого берега, геолог может обнаружить признаки более древнего морского покрытия и на большой высоте или на большом расстоянии от современного берега в виде древних береговых террас, валов, так называемых кухонных остатков (раковин моллюсков, съеденных первобытным человеком), ракушечных банок, желобов, кружевных скал, галечников на поверхности высокого берега, прежних лагун вдали от моря, превращенных в солончаки или соляные озера, остатков прибрежных

сооружений среди суши и т. д. Расстояние от современного берега и высота над водой всех этих более древних признаков должны быть измерены и самые признаки тщательно изучены.

Болота также могут быть объектом исследований геслога при решении вопроса о проведении через болото железной или грунтовой дороги, об осушении его или определении запаса полезного ископаемого—торфа и сапропелита. Поэтому, хотя в полном изучении болота должен принимать участие ботаник-почвовед, геологу следует знать, что такое болото и как его нужно исследовать.

Образование болот происходит при зарастании водовместилищ (озер, рек) и при заболачивании сухих мест благодаря временному или постоянному увеличению влажности почвы.

Зарастание водовместилищ обусловлено развитием высших растений водяных, прибрежно-водяных и болотных и низших—сфагновых и гипновых мхов.

1) Водяные растения (телорез, кувшинчики, рдесты, ряски, роголистники и пр.) поселяются на определенной глубине в стоячей или медленно текущей воде, размножаются очень быстро и, накопляя массу отмерших корневищ, побегов и стеблей, постепенно настолько заполняют водоем, что сами не могут развиваться привольно и вымирают; на подготовленной таким образом массе отмерших или умирающих растений поселяются прибережные и болотные растения и мхи, заканчивающие заболачивание. Смотря по растительности, образуются болота осоковые, травные и моховые.

2) Если водоем не особенно глубок, а развитию водяных растений препятствует течение или волнение, процесс начинается прямо с развития прибрежно-водяных и болотных растений—особенно тростника, камыша, рогоза и осок; надвигаясь от берега вглубь воды, они развивают массу побегов и корневищ и образуют более или менее высокую и густую надводную чащу, замедляющую течение и волнение, почему среди ние развиваются некоторые водные и болотные растения, увеличивающие массу отмерших остатков. Постепенно образуется зыбучий покров из отмерших растений, покрытый живыми, среди которых появляются уже другие болотные виды. В зависимости от преобладающей растительности получаются болота тростниковые, камышевые, рогозовые, травно-болотные, осоковые.

3) Неглубокие водоемы со стоячей водой в более холодном климате зарастают преимущественно мхами, образующими на поверхности воды сплошной ковер, колышущийся под ногами и трудно доступный, который постепенно выдвигается, уменьшая открытые пространства воды; на нем поселяются растения сфагновых болот—пушица, клюква, голубика, бегун.

Зарастание бассейнов стоячих вод обычно начинается с образования сапропеля—гнилого ила из живущих в воде животных и растений, постепенно нарастающего на дне.

Образовавшиеся болота мало по малу заселяются древесной расти-

тельностью; на моховых селятся преимущественно сосна, береза, низкорослая ива, на травных и осоковых—ольха, береза, другие виды ивы и получаются заросли мелкой сосны, березники, ивняки, ольшанники.

На сухих местах болота образуются или благодаря накоплению растительных остатков, задерживающих дождевую и снеговую воду и дающих возможность развитию болотных растений, или благодаря увеличению влажности почвы и застаиванию воды, напр., при запруживании рек, появлении ключей. Наиболее часто болота развиваются в лесах при недостаточном дренаже; небольшое увеличение влажности позволяет образование мшистого покрова, который впитывает и удерживает массу воды, способствуя дальнейшему развитию мхов и появлению болотных растений. Так образуются моховые и травно-осоковые болота, первые особенно часто в сосновых лесах на песчаной почве, способствующей развитию водоупорного слоя ортштейна; в лиственных и смешанных лесах образуются травно-осоковые болота на моховом ковре.

В заболоченных лесах деревья чахнут и отсыхают, постепенно уступая место болотным березнякам и ольшанникам. Наконец, болота развиваются на пожогах и пожарищах в лесах и около выходов ключей.

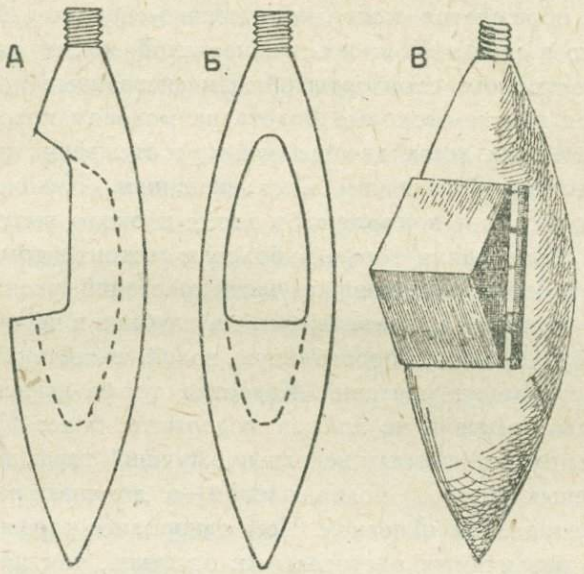
Процесс образования торфа в болотах состоит в том, что ежегодно вырастающие и затем отмирающие части растений увеличивают массу растительного материала, превращаясь на глубине в чернобурую, коричневатую или бурую массу, пропитанную водой, в которой трудно отличить остатки отдельных растений. Качество торфа зависит от содержания в нем золы, хороший не должен содержать более 5%; содержащий более 2% золы прежде считали негодным. Лучший торф получается в моховых и в лесных болотах, более плохой—в долинах рек, где болота нередко заносятся илом и песком. Чем однороднее торфяная масса, чем меньше в ней различимых растительных остатков, тем ценнее торф (так называемый смолистый). Толща сапропелита часто подстилает торф.

Исследование болот производится особым, зондом, который заменяет ложку в буровом снаряде: он представляет железный или стальной пустотелый челнок (фиг. 43 *А*—сбоку, *Б*—спереди) с отверстием; длина его около 24 см, ширина 4—5 см. Торф захватывается острым нижним краем отверстия только при подъеме зонда. Если торф очень водянистый, то зонд устраивается с двускатной крышкой над отверстием (фиг. 43 *В*), справа от которой имеется выдающееся крыло. При опускании зонда торф надавливает на нижний откос крышки и не позволяет ей открываться: достигнув тот слой, пробу которого следует взять, поворачивают штангу вправо; крыло, задевая за торф, открывает крышку, и торф заполняет челнок; при подъеме крышка закрывается от давления торфа на верхний откос.

При исследовании болота нужно дать ответы на следующие вопросы:

1) Площадь болота; 2) торфяное оно или илистое (сапропелевое); 3) берега, состав их, позвышаются ли над уровнем болота; 4) положение—в долине реки, в замкнутой впадине, на склоне, на водоразделе в равнине; 5) глубина болота у берегов и в центре; 6) дно—сапропеле-

вое, глинистое, песчаное, мергелистое, каменистое, его строение (определяемое бурением или у берега); есть ли ортштейн; 7) проходимо ли болото; 8) растительность (мхи, лишаи, травы, кусты, деревья); 9) поверхность (ровная, кочковатая; растения на кочках и между ними); 10) не лежит ли растительный слой на воде и из чего состоит (переплетенные корневища, подушки мха); 11) имеются ли зарастающие озера или маленькие окна воды; не сообщаются ли они между собой; чем покрыто их дно; нет ли выделений газа со дна самостоятельно или при втыкании шеста: нет ли плавающих островов; не впадает ли в озеро река и как влияет на зарастание; какая площадь озера уже превратилась в болото; 12) не замечается ли выпуклость поверхности болота,



Фиг. 43.

во все ли стороны; 13) нет ли заболачивания по окраинам выпуклого болота (стоячая вода, кочки); 14) зарастание канав на болоте, как оно происходит; 15) если болото в долине реки, то не заливается ли в половодье, долго ли стоит вода, приносит ли ил; 16) не питается ли болото ключами; 17) вытекают ли из болота речки; 18) увеличивается или уменьшается площадь болота, прибывает или убывает в нем вода; не зависит ли усыхание от заноса илом при половодье; 19) не замечается ли заболачивание леса и чем оно обусловлено (высокий уровень грунтовой воды, отсутствие стока, ключи, образование ортштейна); 20) не заболачиваются ли лесосеки и пожарища; 21) строение болота: толщина неразложившегося растительного слоя, нахождение древесного угля, пней, стволов, на каких горизонтах, положение пней и стволов (вертикальное, наклонное, горизонтальное), степень их сохранения, нет ли вымерших растений (*Trapa*, чортовы орехи), раковин, костей животных и человека, изделий и утвари его, на какой глубине и в каких условиях залегания; не переслаивается ли торф с песком, илом, глиной и сапропелем;

22) результаты осушки болота (изменение растительности повсюду или на отдельных участках—вдоль канав, на окраинах).

Перед изучением болот полезно ознакомиться с новыми программами Доктуровского и Алабышева, в виду важного практического значения торфа и сапропелитов для удобрения, топлива и получения горючих и смазочных масел. Состав и генезис сапропелитов разъяснен сравнительно недавно и распространение их в СССР изучено еще мало. Новое сочинение Шрейбера (список XII, № 17) также поможет выяснить вопросы, касающиеся болот и торфяников. Болота и торфяники встречаются также в горных местностях; в Сибири заболочены большие площади лесов не только на плоских возвышенностях, но и на более пологих склонах, что обусловлено развитием вечной мерзлоты, не позволяющей грунтовой воде просачиваться глубже в почву. В высоких горах болота занимают плоские впадины на вершинах и плоские котловины, слабо дренируемые, в верховьях речных долин; здесь можно встретить и тип „каменных" болот, жидкая почва которых более или менее обилует щебнем и обломками горных пород, представляя пропитанный водой элювий или делювий. Хотя горные болота упоминаются многими путешественниками, но детальное изучение их, повидимому, не производилось и наблюдения в этом отношении очень желательны. Мокрые тундры севера представляют те же болота, тогда как сухие тундры имеют свои особенности; они занимают более возвышенные площади, где не застаивается вода; рельеф их слегка мелко-кочковатый, травяной покров не густой и не высокий с преобладанием осоки. Самая почва покрыта сплошным не толстым в 2—3 см моховым покровом и представляет суглинок, который может содержать щебень и гальку. Встречаются также совершенно оголенные площадки и так называемая полигональная почва, рассматриваемая в главе XV. Геологических наблюдений относительно сухих тундр очень мало; до сих пор ими интересовались только почвоведы.

Озерный и морской лед в некоторых случаях, напр., при осенних и зимних экспедициях, могут представить интерес для геолога. В глубоких озерах только поверхностный слой воды охлаждается до точки замерзания, тогда как в более глубоких слоях сохраняется температура + 4,2° С., соответствующая наибольшей плотности воды. Мелкие озера могут промерзать до дна. Соляные озера, в зависимости от процентного содержания соли, требуют для замерзания температуры много ниже нуля, морская вода замерзает при—2,5° С. На дне мелких озер и мелких морей образуется донный лед, как на реках, всплывающий и поднимающий с собой песок, гальку и даже валуны, которые весной в льдинах могут быть передвинуты на большее или меньшее расстояние ветрами и течениями, т. е. обусловливают перенос материала, подобно косым волнам. Геологическое значение имеет также деятельность морского и озерного льда на берегах; весной и осенью разбитый на куски вследствие волнения ледяной покров производит разрушение берега, сдвигание песка, галечника пляжа в береговые валы, достигающие до

1 м и более вышины и отличающиеся от валов, создаваемых прибоем большей неправильностью и складчатостью, смятием слоев песка, ила; шрамы и полировка на береговых утесах, глыбах, валунах также обусловлены работой льдин с вмерзшими в них твердыми материалами. Эти явления изучены у нас еще очень мало.

Ледяной покров озер (исключая очень небольшие) зимой не остается в покое, в особенности при небольшой толщине снега; ночью и в сильные морозы лед сокращается, а так как он примерз к берегам, то сокращение обусловливает образование трещин (на оз. Байкале до 1—2 м ширины); трещины заполняются водой, которая замерзает; днем и вообще при повышении температуры лед расширяется, но замерзшая в трещинах вода уже заняла место, освободившееся при сокращении; в ледяном покрове получается сильное напряжение, разрешающееся или надвиганием его на берега, где он образует валы из наноса, или, чаще, образованием ледяных складок среди озера с разрывами и надвигами их. Так получаются длинные гребни торосов на больших озерах, состоящие из вертикальных и наклонных льдин. И эти явления у нас почти не изучены.

Торосистость ледяного покрова на больших озерах и морях обусловлена, кроме нажима при складчатости, еще подвижками льда под давлением ветра, на озерах во время ледостава, а на морях, замерзающих только вдоль берегов или сохраняющих, как Ледовитый океан, обширные полыньи, также и зимой. На полыньях больших озер и морей развивающееся при сильных ветрах волнение ломает окружающие ледяные поля и приводит их в движение. Во время ледостава образовавшиеся уже ледяные поля и отдельные льдины приходят в движение от давления ветра, волн и течений. Ледяные поля, сталкиваясь друг с другом, ломают свои окраины, льдины поднимаются, налезают друг на друга, крошатся и в результате образуются торосы, отделенные друг от друга площадями более ровного льда, а на морях достигающие нередко 10—20 м высоты, представляя хаотическое нагромождение льдин, очень затрудняющее движение по льду. При путешествии по льду или вдоль берегов озер и морей поздней осенью, зимой и весной образование и движения ледяного покрова и его строение могут составить интересный объект для наблюдений (см. отдел XII списка литературы).

Главнейшая литература

I. Происхождение озер. Методы их исследования

1) Инструкция для исследования озер. Изд. Русск. Геогр. О-ва, *1908* (Сборник отдельных инструкций, составленных специалистами по геологии, съемке, физ. географии, изучению грунта, воды, флоры, фауны, экономики); ц. 75 к.

2) Программа исследования водоемов. 1. Инструкция предварительного исследования озер. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 53, стр. 215—245, *1917* (содержит ряд вопросов об общем характере озера, его берегах, прибрежной области, воде, дне и экономическом значении и краткое разъяснение их).

3) Марков, Е. О методах исследования озер (с подробной литературой) *1902.*

4) Форель, А. Инструкция для исследования озер. Програма для собирания сведений об усыхании озер. „Изв. Р. Геогр. О-ва", вып. 6, *1887.* Приложение.

5) Уле, В. Современное положение лимнологии в Германии. „Землев.", кн. 4, 1—32 (перевод), *1902.*

6) Aufsess, O. Die physikalischen Eigenschaften der Seen (подробный список литературы), *1905.*

7) Davis, W. M. On the classification of Lake-bassins. „Proc. Bost. Soc. Nat. Hist.", 21, 315—381, *1882.*

8) Gilbert, G. 1) Lake basins created by wind erosion. „Journ. of Geol.", III, стр. 47, *1895.* 2) Topographic features of lake shores. V Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. *1883—84.*

9) Götzinger, G. Einige neuere Aufgaben der Alpenseeforschung. Festband Penck, S. 257—276, Stuttgart, *1918.*

10) Halbfass, W. Die Morphometrie der europäischen Seen. „Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin", №№ 8, 9, 10, *1903;* № 3, *1904* (таблицы морфологических данных о многих озерах Европы).

11) Lundquist, G. Bodenablagerungen und Entwickelungstypen der Seen. Stuttgart, *1927.*

12) Woldstedt, P. Probleme der Seenbildung in Norddeutschland, „Zeitschr. Ges. Erd. Berl.", №№ 2, 103—123, *1926.*

II. Описания отдельных озер

Из огромной литературы отметим только главное, преимущественно на русском языке).

1) Анучин, Д. Н. Озера области истоков Волги и верховий Зап. Двины. „Землев.", кн. 1—2, 109—164, *1898.*

2) Берг, Л. С. 1) Аральское море. Опыт физико-географической монографии „Изв. Турк. Отд. Р. Геогр. О-ва", V, *1908.* 2) Оз. Иссык-куль. „Землев.", кн. 1—2, 1—85 *1904.* 3) Предварительный отчет об исследовании оз. Балхаш. „Изв. Р. Геогр. О-ва" 40, в. 4, *1904.*

3) Бельский, П. Некоторые озера Волынской губ. „Землев.", кн. 1, 1—25, *1903.*

4) Винокуров, А. Иссыкское горное озеро в Заилийском Алатау. „Землев.", кн. 1—2, 1—15, *1911.*

5) Винокуров, А. и Соколов, Д. Сулу-куль, озеро Уральского уезда. „Землев.", кн. 4, 1—32, *1914.*

6) Голубев, А. Ала-куль. „Зап. Р. Геогр. О-ва", I, стр. 349—362, *1867.*

7) Дриженко, Ф. Гидрографическое описание Онежского озера. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 6, стр. 603—617, *1895.*

8) Ионин, А. Озеро Титикаха. „Землев.", кн. 2—3, 119—134, *1895.*

9) Крашенинников, И. Материалы по лимнологии Челябинского уезда, „Землев.", кн. 1—2, 1—51, *1906* и кн. 1—2, 64—76, *1907.*

10) Лебедев, В. Отчет об экскурсионном исследовании зауральских озер летом 1907 г. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 45, в. 10, стр. 645—716, *1909.*

11) Леонов, В. Озера нижней Рачи в Закавказье. „Землев.", кн. 2—3, 272—293, *1902.*

12) Лоция и физико-географический очерк оз. Байкала. Изд. Гл. Гидрогр. Упр., 443 стр., *1908.*

13) Марков, Е. С. Озеро Гокча, ч. I. География физическая. СПБ., *1911,* 190+47 стр. (Критика в „Землев"., кн. 1—2, 241—248, *1912*).

14) Озера Псковской губ., их ест.-истор. характ. и эконом. значение, Изд. Губ. Земства, Псков, 161 стр. *1912.*

15) Перетолчин, С. Физико-географический очерк оз. Косогол. Тр. Общ. Ест. Каз. Унив. 38, вып. 1, 54 стр., *1903.*

16) Пиотровский, В. и Дитмар, Б. К лимнологии Петрозаводского уезда. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 1—5, 225—280, *1912.*

17) Преображенский, И. Семь озер р. Шник. „Изв. СПБ. Полит. Инст.", 19, 135—147, *1913.*

18) Присадкий и Сементовский. Исследование горных озер Урала „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 5—6, 253—352, *1914.*

19) Седельников, А. Озеро Зайсан. „Зап. Зап.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва" кн. 35, Омск, 253 стр. *1910.*

20) Тутковский, П. Полесские „окна", „Землев.", кн. 4, 29—82, *1899.*

21) Шостакович, В. 1) Отчет о поездке на Гусиное озеро. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 52, в 6, 459—492, *1916.* 2) Озеро Байкал. „Природа", № 7—8, 803—832, *1917.*

22) Шпиндлер, И. Чудское озеро. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 4, 229—275, *1896.*

23) Байкальский сборник, в. 1. „Тр. Вост.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", № 1, Иркутск, 182 стр., *1897.*

Кроме того в журнале „Землев." *1895—1917,* ряд описаний отдельных озер и озерных групп Евр. России, Урала, Кавказа.

24) Collet L. 1) Alpine lakes, „Scott Geogr. Mag.", 38, 73—101, *1922.* 2) Les lacs, leur mode de formation, leurs eaux, leur destin. Paris. *1925.*

25) Gredner, R. Die Reliktenseen. Eine physisch-geographische Monographie. Erg heft № 86 и 89 zu „Pet. Mitt." Gotha, *1887—88.*

26) Delebecque, A. Les lacs français, Paris, *1898.*

27) Forel, F. Le Leman. Monographie limnologique. Vol. I—III. Lausanne, *1892—1904.*

28) Fugger, F. Die Hochseen. „Mitt. Geogr. Ges. Wien", 39, 638—672, *1896.*

29) Halbfass, W. Die Seen der Erde. Ergheft № 185 zu „Pet. Mitt". Gotha, *1922.*

30) Johansen, H. Der Baikalsee. Physiographischer und biogeographischer Überblick. „Mitt. Geogr. Ges. München", 18, H. 1, 202 стр., *1925.*

31) Kunisch, E. Der Gardersee und Gross. Dolgensee. XIII, „Jahrber. Geogr. Ges. Creifswald", 149—234, *1911—12.*

32) Peach, B. Notes on the geology of the Tay basin (freshwaterlochs of Scotland). „Geogr. Journ.", № 1, 47—55, *1904.*

33) Sieger, R. Zur Entstehungsgeschichte des Bodensees. Richthofen Festschrift 55—76, Berlin, *1893.*

34) Thinemann, A. Der Sauerstoff im eutropen und oligotropen See. Die Binnengewässer, IV, *1828.*

35) Кейзер, Н. Озеро Иссык-куль. Изв. Ср. Аз. Гос. Унив., в. 1, Ташкент, *1928.*

36) Алабышев, В. Реликтовое озеро Дон-ты, „Изв. Р. Геогр. Общ.", в. 1, *1928.*

37) Семенковский, В. Материалы к морфометрии озер Северо-западной обл. Там же, в. 2, *1927.*

III. Осадки озер

1) Гильзен, К. 1) Материалы по исследованию грунта Байкальского озера. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 3, 101—116, *1915.* 2) Уд. вес образцов грунта озер и способ его определения. СПБ., *1912,* 10 стр. (содержит на обложке список трудов этого автора по изучению грунта озер Аральского, Ладожского и других). 3) О слоистости донных осадков глубоких озер Ладожского и Онежского. „Изв. Акад. Наук", 2161, *1918.* 4) Образование сероводорода на дне оз. Онежского. Там же, 2233—2240.

2) Перфильев, Б. Новые данные о роли микробов в рудообразовании. „Изв. Геол. Ком.", № 7, *1926.*

3) Сидоренко, М. Петрографическое описание образцов осадков со дна Аральского моря. Научн. рез. Аральск. Эксп., в. 10. СПБ., *1911.*

4) Götzinger, G. Die Sedimentirung der Lunzer Seen. Verh. K. K. geol. Reichsanst. Wien, 173—208, *1911.*

5) Heim, A. Der Schlammabsatz am Grunde des Vierwaldstätter-Sees. Viert. Jahrschr. Nat. Ges. Zürich, 45, *1900.*

6) Hummel, K. Über Sedimentbildung im Bodensee. „Geol. Archiv", II, H. 1, *1923.*

7) Kindle, E. The bottom deposits of lake Ontario. Trans. R. Soc. Canada, 3, Ser., v. 19, Sect. IV, 47—102, *1925.*

8) Lundquist, G. Bodenablagerungen und Entwickelungstypen der Seen. Stuttgart, *1927.* Der Binnengewässer. Bd. II.

9) Naumann, E. Einführung in die Bodenkunde der Seen. Die Binnengewässer, Bd. IX, Stuttgart, *1930.*

10) Nipkow, E. Vorl. Mitteilung über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichersee. „Zeitschr. f. Hydrol". Aarau, *1920.*

Осадки озер описываются также в общих описаниях озер, см. II, большинство статей.

IV. Колебания уровня озер

1) Берг, Л. и Игнатов, П. О колебаниях уровня озер Средней Азии и Зап. Сибири. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 1, 111 - 125, *1900.*

2) Берг, Л. Заметки об уровне некоторых озер Армянского плоскогорья. „Землев.", кн. 2, 66—80, *1910.*

3) Мефферт, Б. О колебании оз. Балхаш. „Изв. Р. Геогр. О-ва," в. 1, 35—40, *1915.*

4) Россиков, К. Усыхание озер на северном склоне Кавказского хребта. „Зап. Кавк. Отд. Р. Геогр. О-ва", XV, 189—225, *1893.*

5) Brooks, C. Variations in the level of Lake Nyassa in relation to sunspot frequency. „Geogr. Journ." March. 267—8, *1924,* May, 437—439, *1925.*

6) Hedin, Sven. 1) Scientific results of a journey in Central Asia. Vol. II, Lobnor. 257—395, Stockholm, *1905.* 2) Ein Versuch zur Darstellung der Wanderung des Lopnor beckens in neuerer Zeit. „Pet. Mitt." 201—205, *1896.*

7) Lyons, N. On the variations of level of lake Victoria, Rep. upon. the Basin of the Upper Nile. Cairo, *1904.*

8) Werth, E. Die Uferterrassen des Bodensees und ihre Beziehungen zu den Magdalenien-Kulturstätten etc. Branca-Festschrift, 164—202, *1914.*

9) Woeikow, A. Die Seespiegelschwankung zwischen Aralsee und Baraba und die Brücknersche Hypothese. „Pet. Mitt.", 199—202, *1901.*

V. История озер. Исчезнувшие озера

1) Архангельский, А. Заметка о послетретичных отложениях Арало-Сарыкамышской низменности. „Изв. Геол. Ком.", № 3, 399—413, *1915.*

2) Бартольд, В. Сведения об Аральском море и низовьях Аму-Дарьи с древнейших времен до XVII в. Научн. рез. Аральск. Эксп., IV, в. 2, *1902,* Ташкент.

3) Баярунас, М. Безотточные впадины южного Мангышлака, „Изв. Р. Геогр. О-ва", 53, 1—44, *1917.*

4) Коншин, А. Сарыкамышский озерный бассейн и Зап. Узбой. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 3, 202—217, *1885.*

4а) Коржинский, Д. С. Происхождение мелкосопочника и озер Киргизской степи. „Природа" № 7—8, *1929* (Дополнения В. Обручева, там же, № 1, *1930*).

5) Тутковский, П. Послетретичные озера в северной половине Волынской губ. Житомир, 281, стр. *1912,* Тр. Общ. Иссл. Волыни, X.

6) Gilbert, G. 1) Contributions to the history of lake Bonneville. II Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 167—201, *1880—81.* 2) Lake Bonneville U. S. Geol. Surv. Monograph № 1, 438 p. *1890.*

7) Goldthwait, K. An instrumental Survey of the shore-lines of the extinct lakes Algonquin and Nipissing in SW Ontario. Can. Dept. Min. Geol. Surv. Branch № 10, Ottawa, 57 p., *1910.*

8) Herrmann, A. Alte Geographie des unteren Oxusgebietes. Abh. Ges. Wiss. Göttingen, phil. hist. Kl. N. F. XV, № 4, Berlin, 57 p., *1914.*

9) Newberry, I. The ancient lakes of Western America, their deposits and drainage. IV Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 329 - 339, *1870.*

10) Nicolas Constantinovitch. L'Amou et l'Ouzboi. Mémoire. Paris, *1879*, 59 p.

11) Russell, I. 1) Sketch of the geological history of Lake Lahontan, a quaternary lake of NW Nevada. III Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. *1881—82*, 189—235. 2) Lake Lahontan. U. S. Geol. Surv. Moncgraph № 11, 288 p., *1885.*

VI. Берега озер и морей. Работа прибоя

1) Инструкция для исследования морских берегов. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 3 приложение, *1888.*

2) Берг, Л. 1) К морфологии берегов Аральского моря. „Еж. Геол. и Мин. Р.", V., в. 6—7, 16 стр., *1902.* 2) О некоторых явлениях денудации на берегах Аральского моря. „Почвоведение", № 1, *1902.*

3) Обручев, В. К вопросу о способе передвижения более грубых осадков вдоль берегов водных бассейнов „Изв. Томск. Техн. Инст.". XIII, 12 стр., *1909.*

4) Притула, А. О влиянии речных течений на рельеф морского берега и о заносимости Потийского порта. „Нефт. Хоз.", IX, № 7, 71—76, *1925.*

5) Фишер, Т. К истории развития берегов. „Горн. Журн.", № 2, 258—278, *1886.*

6) Behrmann, W. Borkum, Strand und Dünenstudien. „Meereskunde", XIII, № 153, H. 9, 40 S. Berlin, *1919.*

7) Blanchard. R. Les côtes de Provence. La Geogr. 24, № 4, *1911.*

8) Braun, G. Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandküsten und ihren Dünen. Veröff. d. Inst. f. Meeresk. d. f. Univ. Berlin, H. 15, 174 S, *1911.*

9) Carey, A. and Oliver, F. Tidal lands. A study of shore problems. London, 284 стр., *1918.*

10) Cholnoky, E. Umformungsvorgänge on Meeresküsten. „Pet. Mitt.", H. 7—8, *1927.*

11) Cornish, V. Waves of the sea and other water waves. 367 p. 50 fig. London, *1910* (очень важное сочинение).

12) Fels, E. Die Küsten von Korfu. Mitt. Geogr. Ges. München, XVI, H. 3, *1923.*

13) Fenneman, N. Development of the profile of equilibrium of the subaqueous shore terrace. „Journ. Geol.", X, 1—32, *1903.*

14) Fischer Th. Küstenstudien. Pet. Mitt. 1885, 409—420; 1887, 1—13 и 33—44. „Zeitschr. Ges. Erd. Berlin", 151—161, *1878.*

15) Friederichsen, M. Vorpommerns Küsten und Seebäder. Greifswald, 63 стр., *1912.*

16) Geinitz, E. Der Landverlust der mecklenburgischen Küste. „Mitt. grossherz. meckl. Landesanst.", XV, *1903.*

17) Gregory, I. The structural and petrographic classifications of coasttypes. „Scientia", XI, 36—63, *1912.*

18) Gulliver, F. Shoreline topography. Proc. Amer. Acad. Arts and Sc. 34, 151—258, *1899.*

19) Hansen, R. 1) Küstenänderungen. „Pet. Mitt.", 177—191. *1893*; 38—40, *1902*; 73—76. *1905*; 204, *1914*; 2) Standlinjestudier. Arch. f. Math. og Naturvid., XIV—XV, 186 p.

20) Hay, T. 1) The shore topography of the english lakes. „Geogr. Journ.", июль *1928.* 2) Further notes. Там же, апр. *1930.*

21) Johnson, D. W. Shore processes and shore devolopment. London, *1919.*

22) Lehmann, P. Das Küstengebiet von Hinterpommern, Wanderungen und Studien. „Zeitschr. Ges. Erd. Berlin, 19, 332—404, *1884.*

23) Mortensen, H. Die Morphologie der Samländischen Steilküste. Veröff. d. Geogr. Inst. d. Univ. Königsberg, H. 3, 70 S., *1921.*

24) Otto, T. Der Darss und Zingst. Beitrag zur Entwicklungsgeschichte d. vorpommerschen Küste. XIII, Jahrber. d. Geogr. Ges. Greifswald, 235—486, *1911—12.*

25) Philippson, A. Über die Typen der Küstenformen insbesondere der Schwemmandküsten. Richthofen-Festschrift, 1—40, *1893.*

26) Schlüter, O. Ein Beitrag zur Klassifikation der Küstentypen. „Zeitschr. Ges Erd. Barlin", № 8—10, 288—317, *1924.*

27) Schwind, F. Die Riasküsten und ihr Verhältniss zu den Fjordküsten. Leipzig, *1901*, 88 S.

28) Steers, I. The East-Anglian coast. „Geogr. Journ.", янв. *1927*, февр. *1928.*

29) Tammekann, A. Die Oberflächengestaltung des Nordestländischen Küstenabfalls. Dorpat, *1926*,

30) Wegemann, G. Die Veränderung der Ostseeküste des Kreises Hadersleben. „Pet. Mitt.", 193—201 и 223—234, *1907.*

31) Werth, E. Die Bedingungen zur Bildung einer Brandungskehle. „Zeitchr. Ges. Erd. Berlin", 35—49, *1911.*

32) Weule, K. Beiträge zur Morphologie der Flachküsten. „Zeit. f. wiss. Geogr.", VIII, H. 6—7, 211—256, Weimar, *1891.*

33) Wheeler, W. Littoral drift in relation to river outfalls and harbour entrances. Min Proc. Inst. Civ. Ing. 125, T. III, № 2934, 95 p.

34) Zahn, G. Die zerstörende Arbeit des Meeres an Steilküsten. „Mitt. Geogr. Ges. Hamburg", 24, 193, *1909.*

35) Rode, K. Geomorphologie des Ben Lomond (Kalifornien). Eine Studie über Terassenbildung durch marine Abrasion. „Zeitschr. f. Geomorph.", V, H. 1—2, *1930* (литература по морским террасам).

36) Scharf, W. Die geologischen Grundlagen des Küstenschutzes an der deutschen Nordseeküste. Schr. d. Ver. f. Naturkunde an der Unterweser, N. F., IV, *1929.*

VII. Дельты, бары

1) Владимиров, К. Об изменении дельты р. Аму-Дарьи. „Изв. Р. Геогр. О-ва" 46, в. 8—10, 381—395, *1910.*

2) Данилевский, Н. Исследование в Кубанской дельте. „Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр.", II, 1—124, *1869.*

3) Известия Центр. Метеор. Бюро, Ленинград, содержат ряд новых исследований о дельтах, напр., Кузнецова. „К вопросу об образовании дельт".

4) Лебедев, В. Географическое распределение дельт в связи с условиями их образования. „Тр. О-ва Землев. СПБ. Унив.", II, *1909.*

5) Barrell, I. Criteria for rhe recognition of ancient delta deposits. „Bull. Geol. Soc. Amer.", 23, 377—446 и 744—5, *1912.*

6) Gredner, G. R. Die Deltas, ihre Morphologie, geographische Verbreitung und Entstehungsbedingungen. „Pet. Mitt.", Erg. heft № 56. Gotha, *1878.*

7) Dietrich, B. New Orleans und das Mississipidelta. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, 41, *1930.*

8) Hubert, H. La barre au Dahomey. „Ann. de Geogr.", 97—104, *1908.*

9) Johnston, W. The character of the stratification of the sediments in the recent delta of Fraser River, Brit. Columbia. „Journ. Geol.", 30, 114—129, *1922.*

10) Judd, J. Second report of the deposits of the Nile-delta. „Proc. R. Soc. London", 61, *1897.*

11) Poppen, H. Die Sandbänke an der Küste der Deutschen Bucht der Nordsee. „Ann. d. Hydr.", 40, 273, 352, 406, *1912.*

12) Shaw, E. The mud-lumps at the mouths of the Missisipi. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. № 85, *1913.*

13) Stumpf, W. 1) Methoden der Deltavermessungen. Ann. d. Schweiz. Landeshydrographie, II, 2. Bern. *1916.* 2) Rheindelta im Bodensee. Amt. f. Wasserwirtschaft. Bern. *1923.*

14) Wilson, A. The delta of the Shatt-el-Arab and proposals for dredging the bar, „Geogr. Journ.", 225—239, *1925.*

VIII. Эстуарии, лиманы, лагуны

1) Андрусов, Курнаков и др. Карабугаз и его промышленное значение Мат. изуч. ест. произв. сил Росс. КЕПС, № 7, *1916*, 69 стр., 2-е изд. № 42, *1922*. 169 стр. СПБ.

2) Данилевский. Н. Несколько мыслей о русской географической терминологии по поводу слов лиман и ильмень. „Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр.", II, 125—138, *1869*.

3) Егунов, М. Сернистое железо и водная окись железа в почвах лиманов и Черного моря. „Еж. Геол. и Мин. Р.", II, в. 8—9, 157—280.

4) Михайловский, Г. Лиманы дельты Дуная в Измаильском уезде. Уч. Зап. Юрьевск. Унив., кн. 8, *1909*.

5) О проекте программы исследования одесских лиманов. „Изв. Геол. Ком.", № 5—9. прот. 105—106, *1923*.

6) Рудский, М. О происхождении и изменении уровня лиманов Херсонской губ. „Зап. Новор. О-ва Ест.", XX, в. 1, 1—23, *1895*.

7) Соколов, Н. 1) О происхождении лиманов Южной России. „Тр. Геол. Ком.", X № 4, *1895*, 58 стр. 2) Материалы к изучению лиманов Ю. России. „Зап. Мин. О-ва" **35**, 1—18, *1898*. 3) Миусский лиман и время образования лиманов юга России. Зап. Мин. О-ва, **40**, в. 1, прот. 35—112.

8) Курнаков, Н. О химическом составе рассолов Куяльницкого и Хаджибейского лиманов. Там же, **35**, в. 1, прот. 35.

9) Шпиндлер, И. и Лебединцев, А. Работы Карабугасской экспедиции. СПБ., 250 стр., *1902*.

10) Hull, E. On the suboceanic terraces and river valleys of the coast of West-Europe. London, 20 p., *1899*.

11) Linhardt, E. Über unterseeische Flussrinnen. Jahrb. Geogr. Ges. München, *1892*. H. 14, 21—62.

12) Lundbeck, I. Studien über das Frische Haff, I—III. Schr. d. Phys. ökon. Ges. zu Königsberg. **65**, *1926—28*.

13) Partiot, H. Etude sur les rivières à marée et sur les estuaires. Paris, *1892*, 127 p.

14) Shaler, N. The geological history of harbors. 13-th An. Rep. U. S. Geol. Surv., 99—202, *1891—92*.

15) Sudry, L. L'Etang de Thau. Essai de monographie océanoqraphique, Ann. de l'Inst. Océan., I, f. 10, Monaco, 208 p., *1910*.

IX. Соляные озера

1) Аникин, В. О колебаниях в составе солей соляных озер Каспийского бассейна. „Еж. Геол. и Мин. Р.", III, в. 4—6, 31—43.

2) Берг, Л. и Игнатов, П. Соляные озера Омского уезда. „Зап. Зап.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", кн. 28, 161, стр. *1901*.

3) Бережков, Б. Соляные озера Кулундинской степи. „Землев." кн. 1—2, 1—25, *1917*.

4) Бобятинский, А. Описание горьких озер Алтайского окр. „Горн. Журн.", № 5, 372—397, *1898*.

5) Боголюбский, Н. Записка о соляных промыслах в Томской горной области. Там же, II, 52—121, *1911*.

6) Бутырин, П. Горько-соленые озера Бурят-Монгольской республики и т. д. Верхнеудинск, 22 стр. Изд. Гос. Пл. Ком., *1925*.

7) Гаркема, В. Соляные озера Уральской обл. „Горн. Журн.". № 3, 425—460, *1894*.

8) Геблер, И. Петуховские содовые озера (Славгородского у. Омской губ.). „Изв. Сиб. Техн. Инст.", I (47), в. 2, 47—60, *1926*.

9) Герасимов, А. Краткое описание Борзинского самосадочного оз. „Изв. В.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", **29**, № 2, 85—100, *1898*.

10) Глушков, Е. Баскунчакское озеро. „Горн. Журн.“, № 8, 169—182, *1884.*

11) Дементьев, Г. Естественный сульфат Прииртышского угольного бассейна Зап. Сибири. „Поверхн. и Недра“, № 10—12, *1926.*

12) Замятин, А. Индерское озеро и его окрестности. „Изв. Геол. Ком.“, № 7 681—740, *1914.*

13) Ипатьев, Н. Петуховские содовые озера. „Изв. Ак. Н.“, VI, № 1—18, *1921*

14) Исаченко, Б. 1) О розовой соли и красных озерах. „Природа“, № 7—9, *1919.* 2) Микробиологические исследования над грязевыми озерами. Тр. Геол. Ком. Н. с., в. 148, *1927.*

15) Каменная соль и соляные озера. КЕПС, т. IV, Полезные ископаемые, вып. 35, Ленинград, *1924* (много литературы).

16) Касторский, Н. Изменения в составе воды оз. Ачу-тебис (Карачи) в Барабе в зависимости от времени года. „Изв. Томск. Унив.“, 30, 74 стр., *1908.*

17) Лемпицкий, М. О соляных озерах и соляном промысле Зап. Сибири. „Горн. Журн.“, № 3, 401—460, *1884.*

18) Леонов, Г. Соляные озера Самаркандской и Сыр-Дарьинской обл. „Горн. Журн.“, IV, 335—381, *1896.*

19) Людвиг, Ф. К происхождению озер глауберовой соли Минусинского окр. Там же, IV, 424—431, *1904.*

20) Малышев, С. Содовые озера Забайкалья. „Мин. Сырье“, № 11, *1927.*

21) Михельсон, О. Очерк истории и разработки соляных озер Алтайского окр. „Зап. Зап.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва“, кн. 29, 1—24, *1902.*

22) Морковников, В. Поездка в Астраханскую губ. и на Кавказ для исследования горьких и соляных озер. „Горн. Журн.“, № 5, 197—221, *1885.*

23) Мушкетов, И. Заметка о происхождении Крымских соляных озер. „Горн. Журн.“, II, 344—392, *1895.*

24) Славянов, Н. 1) Материалы по геологическому изучению Тамбуканского озера. Мат. Общ. и прикл. геол., в. 41, *1926.* 2) Гидрогеологический очерк Чумбуркского грязевого озера. „Изв. Р. Геогр. Общ.“, в. 2, *1929.*

25) Тутковский, П. Географическая экскурсия на озера Баскунчак и Элтон. „Землев.“, кн. 3—4, 42—75, *1916.*

26) Юшков, Е. Тузлянские соляные озера и минеральные грязи. „Горн. Журн.“, № 1, 62—67, *1909.*

27) Эдельштейн, Я. Исследование озер Широ и Шунет в 1920 г. „Изв. Геол. Ком.“, № 7, 405—408, *1921.*

28) Erdmann, H. Die Katastrophe von Mansfeld und das Problem des Coloradoflusses. Ein Beitrag zur Geschichte der Salzseen und Salzsteppen. „Pet. Mitt.“, 42 - 46, *1907.*

29) Foshag, W. The saline lakes of the Mohavi desert region. „Econ. Geol.“, № 1, *1926.*

30) Häpke. Warmwasserseen und heisse Salzteiche. „Pet. Mitt.“, 189—190, *1902.*

31) Hedin, Sven. Seen in Tibet. „Zeitschr. Ges. f. Erd. Berlin“, № 5, 344—358, *1903.*

32) Irwin, W. The salts of the Dead Sea and river Iordan. „Geogr. Journ“, июнь, *1923.*

33) Kaleczinsky, A. Über die ungarischen warmen und heissen Kochsalzseen als natürliche Wärmeakkumulatoren etc. Földt. Közlony, 31, Budapest, *1901.*

34) Lambach, G. Beitrag zur Kentniss der ozeanischen Salzablagerungen, „Kali“, 20, H. 8. u. 10. *1926.*

35) Rözsa, M. Neuere Data zur Kennntniss der warmen Salzseen. Berlin, 32 стр. *1911.*

36) Schmidt, C. Hydrologische Untersuchungen. V. Die Seen der Bittersalzlinie und der Sibirischen Kosakenlinie. „Mem. Ac. Sc. S. Pet.“, VII s., XX, № 4, 28 стр. *1873.*

(См. также списки литературы о русских соляных озерах в № 13.)

X. Солончаки и солонцы

1) Баранов, В. И., Горшенин, К. П. К познанию солонцовых комплексов черноземной полосы Зап. Сибири, Тр. Сиб. Инстр. СХ и Лесов, VII, в. 1, Омск, *1927.*

2) Гейдройц, К. К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. Носовская сел.-хоз. опытн. станция. Отд. Агрохимии, в. 46, *1928.*

3) Глинка, К. Д. 1) Почвоведение. Изд. 3-е, стр. 397—413, М. *1927.* 2) Солонцы и солончаки азиатской части СССР. М. *1926.*

4) Данилевский, М. Солонцы. Мат. по изуч. русск. почв, в. 1, 1—28, *1885.*

5) Тумин, Г. Солонцы и солонцеватые почвы. „Еж. Геол. и Мин. Р.", XII, в. 5—6, 138—143, *1910.*

XI. Колебания уровня морей

1) Андрусов, Н. И. Послетретичная тирренская терраса в области Черного моря. *1925.*

2) Бонсдорф, А. Исследования, произведенные над поднятием берегов Финляндии. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 5, 352—370, *1889.*

3) Вознесенский, А. О новейших данных по изменению уровня Каспийского моря. Изв. Центр. Гидрометеор. бюро, *1926,* 52 стр. (содержит список литературы об этом предмете).

4) Гельмерсен, Г. По вопросу о предполагаемом обмелении Азовского моря. „Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр.", II, 181—214, *1869.*

5) Личков, Б. Л. К вопросу о происхождении Черного моря. „Зап. Одесск. О-ва Ест.", 44, 107—122, *1928.*

6) Михайлов. Об уровне Балтийского моря. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 3, 223—228, *1888.*

7) Daly, R. Oscillations of level in the belts peripherical to the pleistocene ice-caps. „Bull. Amer. Geol. Soc.", 31, *1920.*

8) Gavazzi, A. Die Verschiebung der Meeresgrenze in Kroatien und Dalmatien in historischer Zeit. „Glasnik d. Kroat. Naturf. Ges.", 24, Agram, *1912,* 23 стр. (Реф. „Pet. Mitt.", H. 2, 91, *1913*).

9) Gignoux, M. Les rivages et les faunes des mers pliocénes et quaternaires dans la Méditerranée occidentale. CR. Congr. géol. intern. XIII, *1922,* fasc. 3, p. 1447—1491. Liége, *1926.*

10) Hilber, V, Erosionsbasis und Meeresverschiebungen. „Zeitschr. f. wiss. Geogr." VI, 201—214; VII, 286—299, *1889—90.*

11) Keilhack, K. Die Verlandung der Swinepforte. Jahrb. K. Preuss. Geol. Land. anst., 35 стр. *1911.*

12) Kleinkamm, H. Die Strandmessungen auf der Insel Texel 1850—1906. „Pet. Mitt.", H. 10, 197, *1911.*

13) Kranz, W. 1) Hohe Strandlinien auf Kapri, XIII, Jahrb. d. Geogr. Ges. Greifswald, *1911—12,* p. 1—18. 2) Hebung oder Senkung des Meeresspiegels. N. I. Blg. bd. 28, s. 574—610, *1909.*

14) Omori, F. On the recent sea-level variation at the different japanese mareograph stations. Bull. Imp. Earth. Inv. Comm., V, 39—86.

15) Pearson, H. Oscillations in sea-level. „Geol. Mag.", VIII, 167—174, 223—231 и 253—265, *1901.*

16) Penck, A. Schwankungen des Meeresspiegels. Jahrber. d. Geogr. Ges. München, VII, 70 стр., *1882.*

17) Sandler, C. Strandlinien und Terrassen. „Pet. Mitt.", 209—218 и 235—242, *1890.*

18) Sieger, R. Seenschwankungen und Strandverschiebunge in Skandinavien „Zeitschr. Ges. Erd. Berlin", 28, 1—106 и 393—488, *1893.*

19) Shattuck, G. The pleistocene problem of the North-Atlantic coastal plain. John. Hopkins Univ. Circ. № 152, 17 стр., *1901.*

20) Sheppard, T. Changes on the east-coast of England within the historical period. I. Yorkshire. „Geogr. Journ.", 34, 500—514, *1909.*

21) Suess, Ed. Das Antlitz der Erde. Bd. II, 703 стр., *1888.*

22) Suess, F. E. Zur Deutung der Vertikalbewegungen der Festländer und Meere, „Geol. Rundsch.", XI, 144—168, 249—263 и 361—406, *1920.*

23) Willis, B. Some coast migrations Santa Lucia range, California. Rochester, 17 стр., *1900.*

24) Zöppritz, K. Über Schwankungen des Meeresspiegels in Folge von geologischen Veränderungen. „An. d. Physik u. Chemie". N. F. XI, 1016—1034, *1880.*

25) Johnson, D. Studies of mean sea-level. Rep. of Comm. on shoreline investig. Nat. Rech. Council, Bull. **70**, *1929.*

XII. Болота, торфяники

1) Алабышев, В. Краткая программа по исследованию болот и торфяников как месторождений сапропелитов и т. д. Изв. Сапр. Ком. Ак. Н. Ленинград, 201—228, *1928* (список литературы).

2) Ануфриев, П. О болотах Кольского полуострова. Изд. Геогр. Инст., П. 80 стр., *1922.*

3) Вебер, К. 1) Строение и растительность болот Сев. Германии. „Землев.", кн. 1, 38—59, *1908.* 2) Пояснение к профилям низинного и борового болота с их первоначальной торфообразующей растительностью. „Еж. Геол. и Мин. Р.", X, в. 3—4, 75—80, *1908.*

4) Доктуровский, В. 1) О возрасте болот. „Еж. Геол. и Мин. Р." XVI, в. 7—8, 223—225, *1912.* 2) Программа по изучению болот. Кострома, *1926.*

5) Крубер, А. 1) К вопросу об изучении болот Евр. России. 2) Болота и озера Богородского у. Моск. губ. и СЗ части Рязанской губ. „Землев.", кн. 3—4, 99—130, *1897.*

6) Николаевский, А. Торфяные богатства и культура болот. „Природа", № 12, 1481—1498, *1915.*

7) Оппоков, Е. Болота Финляндии. „Землев.", кн. 1—2, 45—51, *1905.*

8) Потонье, Г. Сапропелиты. Сер. ред. журн. „Нефт. и Сланц. Хоз." П., 212, стр., *1920.*

9) Сукачев, В. Болота, их образование, развитие и свойства. П., 2-е изд., *1923.*

10) Танфильев, Г. 1) О болотах Петербургской губ. „Тр. Вольн. Эк. О-ва", *1888.* 2) Несколько данных о строении подмосковных торфяников. „Землев.", кн. 2—3, 95—104, *1900.*

11) Флеров, А. 1) Берендеево болото. „Землев.", кн. 3—4, 1—20, *1898.* 2) Образование болот и зарастание озер в СЗ части Владимирской губ. Там же, кн. 1—2, 1—16, *1899.* 3) Изучение и исследование болот. Вестн. торф. дела, *1914.*

12) Brandt, B. Die Sümpfe West-Russlands. „Zeitschr. Ges. Erd. Berlin", № 5, 310—321; № 6, 359—388, *1917.*

13) Donat. Ueber die Pontinischen Sümpfe. „Verh. Ges. Erd. Berlin", **19**, 186—202, *1882.*

14) Harder, E. Iron-depositing bacteria and their geologic relations. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 113, 85 стр., *1919* (большой список литературы по этому вопросу).

15) Naumann, E. Untersuchungen über die Eisenorganismen Schwedens. „Kungl. Svensk. Vet. Handl.", **62**, № 4, *1921.*

16) Schacht, T. Die Moore des Herzogthums Oldenburg. „Pet. Mitt.", 5—12, *1883.*

17) Schreiber, H. Moorkunde nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft etc. Berlin, *1927.*

18) Schaler, H. 1) Preliminary report on sea-cost swamps of the Eastern Un. States. VI Ann. Rep. U. S. Geol. Surv, p. 353—398, *1884—85.* 2) General account of the fresh-water morasses of the Unit. States. X. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 255—339, *1888—89.*

19) Wichmann, E. Die Elbmarschen. „Zeitschr. Ges. Erd. Berlin", XX. 257—279, *1885.*

20) Wigge, K. Die Tundra als Landschaftsform. Diss., Köln, *1927.*

XIII. Озерный и морской лед

1) Колчак, А. Лед Карского и Сибирского моря. Научн. рез. русск. полярн. эксп. 1900—1903. Отд. В. Геогр. Физ. и Мат., вып. 1, Спб. *1909*, 170 стр. Изд. Ак. Н. в ее записках, сер. VIII.

2) Листов. Наблюдения над замерзанием соляного озера близ г. Илецка. „Зап. Р. Геогр. О-ва“ общ. геогр. VIII, в. 2, 229—248, *1879.*

3) Тимофеевский, Н. Ледяной покров Енисейского залива. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, **57**, в. 2, 23—32, *1925.*

4) Шокальский, Ю. О постановке наблюдений над состоянием ледяного покрова в русских водах. Спб., *1909.*

5) Arctowski, H. 1) La congelation de l'eau de mer, *1909.* 2) Les glaces, glace de mer et banquises observ. à bord de S. Y. Belgica en 1897—1899. Anvers, *1908.*

5a) Buckley, E. R. Ice remparts. Trans. Wisc. Acad. Sc., Arts and Letters, XIII, 141—162, *1901* (ледяные валы и корчи на берегах озер; хорошие снимки).

6) Forel, F. La congelation des lacs suisses et savoyards dans l'hiver 1891. „Arch. Sc. phys. et. nat.“, III p., v. **27**, *1892.*

7) Goebeler, E. Über die mechanischen Wirkungen des Wassereises. „Verh. Ges. Erd. Berlin“, **18**, 176—184 и 269—271, *1891.*

8) Isachsen, G. Das paläokrystische Eis. „Pet. Mitt.“, 13—19, *1906.*

9) Pettersen, O. On the influence of ice-melting upon oceanic circulation. „Geogr. Journ.“, **24**, *1906.*

10) Physical characteristics of sea ice and river ice. „Geogr. Rev.“ New. York, янв. *1929.*

11) Whitman, W. Elimination of salt from sea-water ice. „Am. Journ. Sc.“, Febr., 126—132, *1926.*

(См. также в отчетах об арктических и антарктических экспедициях последних 50 лет.)

XIV. Основная литература о морях и их осадках

1) Архангельский, А. Д. Карта и разрезы осадков дна Черного моря. Бюлл. Моск. О-ва Исп. Пр. Н. С., **36**, 77—108, *1928.*

2) Макаров. „Витязь“ и Тихий океан. 2 тома, Спб. *1894.*

3) Шокальский, Ю. Океанография. Спб. 614 стр. *1917.*

4) Krümmel, O. Handbuch der Ozeanographie, 2 Bde. Stuttgart, *1922.*

5) Andree, K. Geologie des Meeresbodens, II, Berlin, *1919*, 690 стр. Новейшее и лучшее сочинение о морских осадках, размывании и намывании берегов; извлечения из него помещались под заглавием „Ueber Sedimentbildung am Meeresboden. в „Ceol. Rundsch.“, *1912, 1916, 1917* и *1920*). Сокращенно в „Salomon W. Grundzüge der Geologie“. T. II, 361—533, Stuttgart, *1925.*

6) Cotton, C. Conditions of deposition on the continental shelf and slope. „Journ. Geol.“. **26**, 135—160, *1918.*

7) Frebold, H. Ueber cyklische Meeressedimentation. Leipzig, 58 стр., *1925.*

8) Heim, A. Ueber submarine Denudation und chemische Sedimente. „Geol. Rund sch.“, XV, H. 1, 1—47, *1924.*

9) Ihering, H. Die Geschichte des Atlantischen Ozeans. Iena, *1927.*

10) Joly, I. Le mécanisme intime de la sédimentation. CR Congr. Geol. Intern., fasc. 2, 710—729, Paris, *1900.*

11) Murray, J. and Renard, A. Report on deep sea deposits. In „Voyage of H. M. S. Challenger.“, III, 525 стр.

12) Steinmann, G. Giebt es fossil Tiefseeablagerungen von erdgeschichticher Bedeutung? „Geol. Rundsch.“ XVI, H. 6, 435—468, *1925.*

13) Thoulet, I. 1) L'océan, ses lois, ses problémes. Paris. *1904*, 397 стр. 2) Mémoire de lithologie marine. „Ann. de l'Inst. Océan.“, **3**, I, 7, 41 стр. *1912.*

XV. Острова

1) Caullery, M. Les recifs coralliens. „Ann. de Geogr.“, IX, 1—16 и 193—210, *1900.*

2) Dana, I. Coral and coral islands. London, *1890*, 4-th edit. 440 стр.

3) Darwin, C. Structure and distribution of coral reefs. London, *1842.*

4) Hahn, F. Inselstudien. Leipzig, 208 стр., *1883.*

5) Murray, I. Structure, origin and distribution of coral reefs and islands. „Nature", 39, 424–428. *1888*, 40. 222, *1890.*

6) Voeltzkow, A. Berichte über Untersuchungen der Riffe und Inseln des Indischen Ozeans. „Zeitschr. Ges. Erd." Berlin, 560, *1903*; 274 и 426, *1904*; 285, *1905.*

ГЛАВА XIV

ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЙ И ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ

С явлениями выветривания геолог встречается повсюду; нет такого места на суше, где бы эти явления не происходили в той или другой степени. Изучение их важно не только само по себе, как универсально развитого геологического процесса, но и для целей картирования и для практических задач. Так как выходы коренных пород большею частью покрыты продуктами их выветривания, по которым с известной вероятностью можно судить о составе первых, то знакомство с явлениями выветривания позволяет наносить геологические границы и в промежутках между обнажениями. Громадное значение процессы выветривания имеют для почвообразования, от которого в большой зависимости находится и растительность; последняя поэтому также часто дает указания на тот или иной состав коренных пород, т. е. помогает картированию в слабо обнаженных местностях. Практическое значение изучение явлений выветривания имеет при поисках руд и других полезных ископаемых, при оценке залежей строительных материалов, при выяснении устойчивости сооружений.

Выветривание, как известно, делится на механическое, химическое и органическое, которые обыкновенно сочетаются, но в различных соотношениях, в зависимости от климата данной местности, от которого существенно зависит и растительность; влияют на него и времена года; при температуре ниже нуля сильно сокращается роль химического и особенно органического выветривания и господствует механическое; точно также последнее имеет первенствующее значение в пустынях всякого рода—как теплого климата, так и арктических и альпийских горных вершин; во влажном тропическом климате господствуют химическое и органическое выветривания; в умеренном—все три рода работают более или менее одинаково. Это нужно всегда иметь в виду при изучении явлений и прежде всего отметить какой род выветривания господствует в данной местности при современных условиях климата, так как при дальнейшем изучении может оказаться, что есть признаки выветривания, происходившего при других климатических условиях, т. е. что климат местности изменился. Напр., в черноземной полосе европейской части СССР лёсс в настоящее время не образуется; но чернозем вглубь переходит в лёсс, свидетельствуя, что климат изме-

нился. Подобные же признаки, указывающие на изменения климата, обнаружены в Сибири, Монголии, Китае, на Памире и в других местах.

Механическое выветривание, зависящее от колебания температуры, смачивания и высыхания и замерзания воды в трещинах, создает трещиноватость пород, расслоение и отслоение (десквамацию), распадение на глыбы, плиты, щебень или дресву; при сухом климате и частых ветрах последние выдувают и уносят мелкие продукты выветривания с обнаженной поверхности горных пород и создают характерные эоловые формы, как положительные (карнизы, столбы, столы, грибы, иглы и пр.), так и отрицательные (желоба, ниши, карманы, ячейки, даже целые котловины и ложбины). На земной поверхности струи воздуха, нагруженные песчинками, производят механическое изнашивание горных пород—вытачивание борозд, желобков, ямок, полировку—как на утесах, так и на глыбах, щебне и гальке.

Изучая признаки механического выветривания нужно отмечать: характер и степень разрушения горных пород в зависимости от их состава, текстуры, наличия трещин отдельности и кливажа, условий залегания и ориентировки по странам света. Встречаясь с эоловыми формами—описывать их, фотографировать или зарисовывать наиболее характерные обязательно с масштабом, отмечая опять таки их состав и зависимость самих форм и отдельных частей их от состава, текстуры, трещиноватости, условий залегания горных пород и ориентировки. Наблюдая работу песчинок—отмечать, где и как она проявляется на породах разного состава и текстуры, до какой высоты над подножием выхода доходит, как ориентирована по странам света, как располагаются трехгранники среди остального щебня поверхности пустыни. Образчики, иллюстрирующие эти явления, могут быть очень разнообразны: куски растресканных, расщепленных, расслоенных пород из утесов и щебня, образцы пород разных частей положительных эоловых форм, то же из отрицательных, включая отложение на дне карманов и ниш, затем изборожденные и отполированные поверхности скал, щебня, гальки, многогранники разных форм и состава—все это очень поучительно и представлено в коллекциях наших музеев мало, а при обработке наблюдений необходимо. Само собой разумеется, что формы и поверхности, могущие пострадать от давления и трения при перевозке, должны быть защищены соответствующей упаковкой.

Химическое выветривание, зависящее от деятельности смачивающей и просачивающейся вглубь горных пород атмосферной воды, содержащей кислород и углекислоту, также некоторые соли, напр., поваренную и горькие, и кислоту, образующуюся при окислении сульфидов, обусловливает разрыхление, размягчение, изменение окраски отдельных минералов и всей породы, образование пор и пустот, расширение трещин и в конечном счете превращение твердой горной породы в глину, суглинок, супесок или песок различных оттенков красного, бурого и желтого цвета в зависимости от ее состава и климата.

Изучая признаки химического выветривания нужно отмечать их ха-

рактер и степень развития в глубину в зависимости от состава породы, ее текстуры, трещиноватости, условий залегания и ориентировки по странам света; переход сплошной горной породы в слой элювия и делювия, характер и состав таковых, мощность в разных местах и все изменения. Все эти явления также могут быть иллюстрированы соответствующими образчиками. Интересное явление химического выветривания, не вполне разъясненное, представляет так называемая черная корка (пустынный загар или лак). Встречаясь с ней нужно отмечать на каких породах и в какой степени (черная, бурая, блестящая, матовая, сплошная, пятнами) она проявляется в зависимости от их состава и текстуры; как ориентирована на утесах по странам света; покрывает ли щебень и гальку на поверхности почвы, из каких пород и в какой степени, где по соседству отсутствует. Замечен антагонизм черной корки и песчаной шлифовки; но иногда можно видеть, что корка уничтожается шлифовкой и, наоборот, развивается на шлифованных поверхностях; это показывает разновременность образования той и другой в данном месте и изменение условий. Эта корка встречается не только в пустынях; я встречал ее местами на утесах и в лесистых и степных местах Сибири; она сплошь покрывает утесы над водой в порогах Нила в Ассуане. Вне пустынь она не изучена как следует и новые наблюдения необходимы; кроме вышеуказанных вопросов здесь нужно еще заметить, находится ли утес в полной тени или освещается солнцем; есть ли по соседству вода; не стекает ли она по почерневшему утесу. Черные подтеки, замечаемые на многих утесах и в умеренном климате, представляют не химический осадок, как пустынный загар, а тонкий слой нитчатых водорослей, в чем можно убедиться ударом молотка—подтек внутри оказывается зеленым; поверхность его не блестящая. Образчики, иллюстрирующие явление черной корки, нужно собирать в изобилии, чтобы иметь достаточно материала для анализов ее.

Органическое выветривание в сущности представляет сочетание механического и химического; корни растений, проникая в трещины, расширяют их механически, но те же корни и самые растения как при жизни, так и после смерти при гниении, действуют на горные породы выделяемыми ими газами и кислотами химически. Мох, поглощающий и удерживающий в себе количество воды в 16 раз больше своего веса, действует особенно сильно во время морозов. Результаты органического выветривания: появление и расширение трещин, отделение глыб и щебня от утесов, разъедание их поверхности, превращение выхода в элювий или делювий, наличность черных, желтых, красных пятен и подтеков, накопление растительного слоя. Изучая органическое выветривание нужно наблюдать характер и глубину его в зависимости с одной стороны от состава, текстуры, трещиноватости, условий залегания и ориентировки данного выхода, с другой—от поселившейся на нем растительности, как низшей—водорослей, лишаев, грибов, мхов, так и высшей—трав, кустов, деревьев; отмечать расширение трещин корнями и разъедание их поверхности последними, собирая образчики как измененных

в различной степени пород, так и низших растений, наиболее важных в этом отношении, прикрепленных к поверхности утеса.

Выветриванию горных пород вообще благоприятствуют следующие условия: разнородный состав (из минералов разного цвета и состава), грубое зерно, содержание извести в цементе или кальция в составе минералов, обилие трещин, пор, пустот, неровностей поверхности, крутое падение слоев; южный склон, холодный или сухой климат благоприятствуют больше механическому, северный склон, теплый и влажный климат—химическому и органическому выветриванию.

В зависимости от состава и текстуры горных пород поэтому находится и пригодность их для долговременных сооружений в качестве облицовочного материала.

Граниты, сиениты тем лучше, чем мельче их зерно и чем меньше в них биотита и основных плагиоклазов; то же и гнейсы, если они не тонкосланцеваты. Очень мелкозернистые диориты и базальты, плотные базальты и кварц-порфиры без крупных выделений очень устойчивы, диабазы—гораздо меньше. Трахиты, дациты, андезиты, риолиты менее устойчивы благодаря своей пористости и выделениям плагиоклаза и санидина; туфы, брекчии и лавы еще менее устойчивы, первые благодаря разнородности состава, последние—благодаря сильной пористости. Диоритовые и диабазовые порфириты устойчивы, если не содержат крупных выделений плагиоклазов, амфиболов, пироксенов. Достаточно устойчивы мелкозернистые перидотиты и пироксениты. Слюдяные, глинистые, хлоритовые, серицитовые сланцы, известковые филлиты, тем менее устойчивы, чем больше в них железистых минералов и чем сильнее сланцеватость; кварцевые филлиты гораздо прочнее. Устойчивость песчаников и конгломератов зависит от их цемента,—известковые, глинистые, железистые не прочны, кварцевые—лучше всех; грубые конгломераты вообще не устойчивы. Чистые мелкозернистые кварциты особенно прочны. Известняки разрушаются скорее доломитов, те и другие тем устойчивее, чем они чище и мельче зерном. Всякие вкрапления сульфидов уменьшают устойчивость горных пород вследствие образования свободной серной кислоты при их выветривании, разъедающей породу вокруг вкрапления.

Вообще в сооружениях гладкие, хорошо полированные наружные поверхности способствуют устойчивости, всякие шероховатости, неровности, карнизы, желобки уменьшают ее, особенно на теневой стороне, так как легче покрываются лишаями и мхами, впитывающими и удерживающими влагу и подготовляющими разъедание, размягчение, выкрашивание камня.

Все вышеуказанное нужно принимать во внимание при выборе материала для наружных стен всяких сооружений.

Общие результаты выветривания состоят в разрушении выходов коренных пород, образовании россыпей глыб и щебня на ровных поверхностях, осыпей их на косогорах, образовании более или менее толстого слоя элювия и делювия и с поверхности его—почвенного (раститель-

ного) слоя, а также в образовании вышеуказанных положительных и отрицательных форм выветривания. Поэтому наблюдения, кроме вышеуказанных явлений, должны касаться также и их продуктов—осыпей, россыпей, элювия, делювия и почвы.

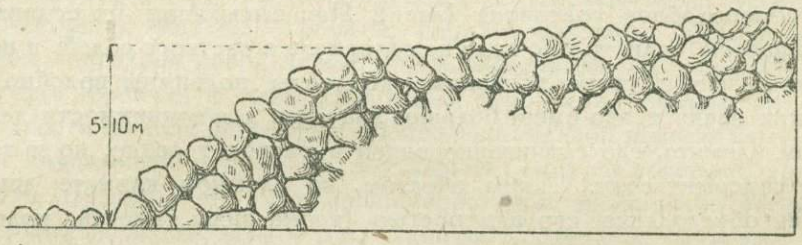
Согласно новейшим исследованиям перемещение делювия, происходящее в большей или меньшей степени и даже на самых пологих склонах при уклоне, превышающем 2—3°, имеет громадное значение для сглаживания, округления и вообще смягчения форм рельефа и для переноса продуктов выветривания с высших точек местности на низшие, т. е. вообще для процесса денудации. Подвижности делювия особенно способствуют **коллоиды**, образующиеся при химическом выветривании и составляющие главную массу глин и суглинков—конечных продуктов выветривания всевозможных горных пород. Коллоиды в высокой степени обладают свойством впитывать воду и минеральные соединения, при этом они разбухают, становятся все более подвижными и могут даже перейти в растворoподобное состояние (золи). При высыхании их подвижность прекращается, если только вода не содержала в растворе солей; в последнем же случае и сухие почвенные коллоиды подвижны подобно сухой пыли или песку и это имеет большое значение для подвижности делювия в сухом климате, где смачивание водой происходит редко, но за то вода всегда содержит соли. Таким образом, во влажном климате движение делювия обусловлено его влажностью (крома силы тяжести, колебаний температуры и давления солнечных лучей), а в сухом—его соленостью. Подвижность делювия колеблется по временам года; в умеренном климате она наибольшая весной во время таянья снега и осенью и сокращается в сухие летние месяцы; в области Средиземного моря она наибольшая зимой, в период дождей; в тропическом климате—во время летних или зимних дождей, в пустынях она не прекращается почти никогда.

Благодаря процессам выветривания и подвижности их продуктов постепенно разрушаются и скрываются под осыпями выходы коренных пород, округляются острые вершины и гребни, склоны становятся более пологими и приобретают вогнутый профиль вследствие накопления толщ делювия на их нижней части (если она не омывается рекой). Наблюдений в этом отношении у нас очень мало; они желательны в местностях разного состава коренных пород, разного рельефа и климата и на различной абс. высоте. Нужно отмечать местные **базисы** денудации; в долинах таковыми является дно и затем ровные поверхности террас и разных уступов, на плоскогориях, горных гребнях—все ровные поверхности, на которых движение делювия останавливается.

В осыпях и россыпях нужно наблюдать среднюю величину глыб или щебня, степень покрытости их растительностью, площадь, занимаемую осыпью и россыпью и состав их пород; осыпи, не подновляемые постоянно новым материалом, постепенно зарастают; лишаи сменяются мхами, на последних находят себе приют травянистые и кустарные высшие растения, затем и деревья. Россыпи также склонны зарастать

лишаями, а в углублениях—мхом, кустами, если не расположены выше предела растительности; так как они представляют элювий, распавшиеся на месте от выветривания выходы коренных пород, то поверхность их может освежаться только растрескиванием и распадением на более мелкие части самих глыб, слагающих россыпь, что и следует отмечать.

Нагорные террасы. На плоских гребнях, пологих склонах и вершинах гольцов Урала и Сибири, т. е. поднимающихся выше пределов леса древних гор, встречаются так называемые нагорные террасы, представляющие широкие уступы россыпей (фиг. 44) и недостаточно изученные. Длина этих террас достигает 20—40 до 100 м и более, ширина 10—20 м и более; состоят они, главным образом, из крупных угловатых обломков в 0,2—1 м³, к которым на пологой верхней поверхности примешивается и более мелкий щебень и дресва, местами образующие целые площадки; высота уступов 2—5 м. Этот грубый элювий находится в очень медленном, незаметном для глаза движении, объясняемом колебаниями темпе-



Фиг. 44.

ратуры и давлением солнечных лучей (как указано уже в главе XI относительно движения делювия), по пологому уклону поверхности вершины или гребня; мелкие частицы, отделяемые выветриванием от глыб, смываются дождевой и снеговой водой вглубь, т. е. величина отдельных обломков постепенно уменьшается, что также способствует их смещению вниз. Объяснение образования уступов на этих россыпях, которое дает Макеров, описавший такие террасы на хребте Становом (№ 5 списка литературы), применимо только для крутых осыпей, образующихся у подножия отвесных утесов (см. его рисунки 2—4), на которых такие уступы изредка наблюдаются. Но для пологого склона, где мы имеем дело не с осыпью обломков сверху, а с россыпью, образующейся сначала in situ, благодаря выветриванию и распадению выходов коренной породы, это объяснение неприложимо. Нахождение мелкого щебня и дресвы только на поверхности террас и состав их уступов исключительно из крупных обломков наводят на мысль, что именно величина их объясняет образование уступов; крупные обломки, больше расширяющиеся при нагревании и больше сжимающиеся при охлаждении, а также испытывающие большее давление солнечных лучей, должны двигаться быстрее мелких, обгонять последние и постепенно накапливаться впереди, образуя крутой фронт этого медленно перемещающегося каменного потока.

Поверхность этих террас не лишена растительности; на глыбах

растут лишаи, мхи, местами даже кусты и чахлые деревья, последние вероятно на площадках с более мелким материалом, движущимся медленнее или неподвижным. Подобные террасы Баклунд наблюдал на полярном Урале, а Дюпарк в бассейне р. Вишеры на северном Урале. На полярном Урале они в виде обширных площадок окружают выдающиеся вершины или же располагаются, главным образом, на северном и южном склонах стоящих более одиноко гор, появляясь на некоторой высоте от подошвы и сменяя друг друга через каждые 10—20 м. На одной и той же горе террасы северного и южного склонов более или менее строго соответствуют друг другу по высоте, хотя и не связаны между собой; террасы двух соседних гор показывают лишь случайное по высоте совпадение. На северном Урале террасы в районах развития кварцитов очень многочисленны, располагаясь в пределах верхних 600 м абсолютной высоты; Дюпарк насчитывал их по 6—8 друг над другом и с разницей высот в 10—20 м, реже 30—50 м; нередко и самые вершины гор представляют террасы с крутыми откосами, возвышающиеся над нижеследующей более обширной террасой.

Недавно террасы Сев. Урала описал Падалка (см. список I, № 9); они особенно отчетливы на северной оконечности водораздельного Поясового Камня, сложенного почти исключительно из кварцитов, но встречаются и на обоих склонах; они вообще лучше всего выражены на высотах выше 700 м, тогда как ниже, где появляется мох и лес, не отчетливы. Они распространены не только на склонах гор, но и на вершинах, представляющих горизонтальные площадки. Поверхность террас имеет слабый уклон, большею частью покрыта мхом и усеяна обломками и глыбами; местами имеется тонкий слой почвы и во время дождей образуются озерки и болота. Он же изучал террасы Кривинской сопки, в Вагранской даче, сложенной из пироксенита и пришел к выводу, что образование их обусловлено хорошо выраженной горизонтальной отдельностью горных пород, обладающих известной стойкостью к выветриванию и сохранению угловатых форм рельефа. Бр. Ломакины наблюдали террасы в Вост. Саяне на границе Монголии (см. список I, № 4) на склонах долин в высокогорной области, где они распространены как в зоне редколесья, так и выше границы леса; они сложены теми же остроребернными камнями и большими глыбами, как и осыпи склонов, располагаются на различных уровнях, обычно не соединяясь друг с другом, имеют мало наклоненную поверхность и достигают иногда по несколько десятков метров в ширину, но в длину вдоль склона редко превышают сотню метров. Исследователи полагают, что в образовании террас большое значение имеет вечная мерзлота и связанные с нею явления, кроме причин, указанных мною (см. выше) и Макеровым. Состав горных пород террас не указан, но весь район их развития сложен из кристаллических сланцев и гнейсов докембрия с жилами и интрузиями гранитов. Встречаются нагорные террасы и на гольцах Зап. Саяна в районе верховий р. Амыла, судя по фотографиям, которые показывал мне горный инженер Педашенко; здесь развиты метаморфические

сланцы с интрузиями гранита и перидотитов. Дюпарк считал террасы Сев. Урала признаками прежних эрозионных уровней, что неверно в виду обилия террас, расположенных на разных уровнях даже по соседству друг с другом и отсутствия их в близких местностях с другим геологическим составом. В общем приходится думать, что только наиболее устойчивые породы—кварциты, порфиры, фельзиты, пироксениты и перидотиты, некоторые гнейсы и граниты, раскалывающиеся при механическом выветривании на более или менее крупные глыбы, способны создавать нагорные террасы. Образованию последних способствуют, но не являются главной причиной, как хорошо развитая горизонтальная отдельность, так и вечная мерзлота. Первая не развита в Вост. Саяне и в Олекминско-Витимской горной стране, где на гольцах я также видел террасы из крупных глыб кварцитов и метаморфических песчаников. Вечная мерзлота создает прочную поверхность для движения грубого элювия по слабому уклону, но для Урала, расположенного вне области ее развития, наличие ее еще не выяснено.

При исследовании высокогорных местностей Урала и Сибири нужно обратить внимание на подобные террасы, пронивеллировать их в разных направлениях, определить их длину и ширину, высоту уступов, величину и состав обломков, распределение их по величине, соотношение к выступам коренных пород; обратить внимание на присутствие вечной мерзлоты, горизонтальной отдельности и на растительность, особенно на распределение кустов и деревьев, чтобы собрать материал для окончательного выяснения их генезиса и законов движения.

Каменные моря и каменные реки (курумы) гористых местностей также представляют грубый элювий и делювий на плоских вершинах гор, на склонах и на дне долин, состоящий из глыб и обломков твердых горных пород еще совершенно угловатых или же с более или менее сглаженными углами и ребрами или даже из валунов. Они обыкновенно покрыты лишаями и мхом, иногда даже зарастают кустарником и деревьями. Каменные моря на вершинах могут переходить в нагорные террасы. Курумы на склонах и дне долин несомненно движутся по тем же причинам, как и нагорные террасы, на более крутых склонах даже гораздо быстрее. Встречаясь с ними нужно определить их расположение и размеры, состав, величину и форму глыб и вероятный генезис. Курумы склонов и дна долин часто начинаются у подножия скалистого обрыва или утесов, выветривание которых доставляет им материал. При отсутствии такого источника можно предполагать, что они представляют остатки размытых морен или разрушившиеся на месте выходы коренных пород; в первом случае материал их должен быть разнородный и носить следы ледниковой обработки (см. в гл. XV); во втором случае материал должен быть существенно однородный. Так как интенсивное физическое выветривание, превращающее выходы горных пород в поля или потоки обломков, свойственно пустыням как жаркого, так и холодного климата, в том числе и альпийским высотам среди снегов и ледников, то каменные моря и курумы в местностях умеренного климата считают пережитками

ледникового периода. Они создавались в местах, не покрытых постоянным снегом или льдом, но примыкавших к площадям оледенения, где морозное выветривание было очень сильно (см. список I, №№ 1, 2а, 12, 16, 24). Эти образования состоят из наиболее устойчивых горных пород, особенно кварцитов, также некоторых гранитов, сиенитов, порфиров, граувакк и т. п.; неустойчивые и сланцеватые горные породы слишком быстро разрушаются в мелкий щебень или дресву и зарастают. Таким образом каменные моря и реки Лапландии, Северного Урала и горных местностей Сибири могут служить одним из доказательств прежнего оледенения этих стран. Грандиозную каменную реку из кварцита я видел на левом склоне долины р. Кеваkты в Патомском нагорье; она спускалась со склона плоского и длинного гольца, обиловавшего голыми осыпями глыб при отсутствии скал, имела более километра в длину и несколько десятков метров в ширину и оканчивалась на самом берегу реки, загромождая ее русло отдельными глыбами.

Кроме этого грубого элювия и делювия (в сущности и нагорные террасы уже не элювий, а делювий, так как смещены с места первоначального образования) нужно наблюдать и более мелкий, покрывающий склоны и вершины возвышенностей; возможность этого дают рытвины, овраги, берега горных ручьев. Нужно отмечать мощность, цвет, состав, наслоение, переход с одной стороны в коренную породу, с другой в растительную почву, признаки движения (трещины, ниши отрыва вверху, валики почвы, саблеобразные стволы деревьев ниже), степень выветрелости обломков коренных пород и величину их в верхних и нижних слоях, а также переход в супесок, суглинок, глину.

Каменные панцыри в пустынях, состоящие из щебня или гальки и валунов и одевающие обширные площади равнин и подножия гор, образуются благодаря выдуванию ветром мелких частиц аллювия или пролювия и постепенного сосредоточения грубого материала на поверхности, защищающего почву от дальнейшего развевания. На склонах гор и холмов подобным же образом образуются сплошные панцыри из щебня и обломков, покрывающие делювий.

Пустынные корки. В пустынях и реже в полупустынях встречается так называемая „пустынная или защитная корка", которая слоем от нескольких сантиметров до одного метра и более покрывает поверхность равнин, залегая не только на наносах, но и на выходах коренных пород и занимая иногда очень большие площади. По составу такие корки бывают известковые, гипсовые и кремнеземистые и описывались из многих местностей Африки, Сев. и Южной Америки, Сирии и Палестины; в песках Туркмении, в районе месторождения самородной серы у кол. Шиих, акад. Ферсман наблюдал интересные кремнеземистые корки. Генезис корок разного состава может быть различный и разъяснен еще недостаточно. Известны такие корки, залегающие не на поверхности, а на некоторой глубине в почве в виде сплошного слоя или же только на поверхности обломков коренных пород. Желательны новые наблюдения и сбор образчиков (см. список II, №№ 8а,

8б, 16а, б, 30, 39, 43). Особый характер имеет так называемый „пустынный загар" (черный загар, лак пустыни, Wüstenlack, braune Schutzrinde) очень распространенный в пустынях на поверхности коренных пород, а также на гальке и щебне, лежащих на почве. В наилучшем развитии в виде тонкого в доли миллиметра бурочерного или черного блестящего слоя, подобного лаку, он встречается на породах мелко скрытозернистых, достаточно богатых кремнеземом и железом (кварцитах, кремнистых сланцах, порфирах, порфиритах, диабазах, базальтах и т. д.), совершенно скрывая истинный цвет и структуру породы и очень затрудняя наблюдения над ними, — приходится беспрерывно работать молотком, отбивая уголки на утесах, чтобы следить геологический состав. На крупно- и средне-зернистых гранитах, сиенитах, диоритах и т. п. загар бурый или светлобурый, менее блестящий и располагается не сплошь, а пятнами. На известняках он бурый матовый, но на прослоях и жилках кварца в них—черный и блестящий. На щебне и гальке покрыты только поверхности, доступные для воздуха; на поверхности, прилегающей к почве загар быстро светлеет, теряет блеск и исчезает. Образование загара объясняют влагой дождя и росы, впитываемой породами, извлекающей из них кремнезем, железо и марганец и выпотевающей благодаря сильному нагреванию на поверхности, где растворенные соли остаются, постепенно образуя корочку. Блеск ее можно приписать влиянию ветра, в особенности насыщенного пылевыми частицами. Но, так как загар развит и на породах, бедных железом и марганцем или лишенных их, как, напр., на белом кварце, кварците, то эти элементы очевидно заимствуются из пыли горных пород, оседающей вместе с росой и дождем из воздуха. Сильный ливень делает блестящий загар матовым, но блеск постепенно восстановляется. Проточная вода и песок, переносимый ветром, уничтожают загар. В сухих руслах пустыни, где хоть временно течет вода, загар отсутствует, как равно и везде, где есть летучий песок (см. список II, №№ 7—1, 16а, 32, 33, 45—3, 46). Явление загара наблюдалось и на моренах ледников, т. е. в высокогорной пустыне, а также на утесах берегов Нила над уровнем воды (см. список II, №№ 9, 34, 47). Кроме пустынь загар, хотя и в более слабом развитии, встречается вообще в местностях с сухим климатом, напр., в Южном Забайкалье, в Киргизской степи, Туркестане, но известен также в жарком и влажном климате, где образуется в сухое время года, т. е. может быть и у нас в Закавказьи. Желательны новые наблюдения и анализы загара.

Почва, представляющая конечный продукт процессов выветривания, покрывающийся растительностью и питающий ее, подлежит изучению почвоведов. Сложность наблюдений разных горизонтов, установленных для почв, взятия больших проб для исследования и в особенности последнего, требующего ряда анализов, препятствуют систематическому изучению почв геологом при его работах. Интересующимся почвообразовательными процессами можно рекомендовать новейший опыт классификации таковых Неуструева (см. № 7 списка). При общих иссле-

дованиях будет достаточно, если геолог отметит в обнажениях, вскрывающих почву и подпочву, следующее: присутствие или отсутствие окрашенного гумусом поверхностного слоя, его цвет и мощность; состав, строение и цвет нижележащих горизонтов, присутствие журавчиков или других скоплений извести (так называемый карбонатный горизонт), выцветов солей, погребенных слоев перегноя, торфа и их мощность. Взятые из разных слоев образчики небольшой величины позволят затем, пользуясь руководствами по почвоведению, определить в общих чертах почвенный тип. Такие наблюдения будут наиболее ценны в местностях, еще не подвергавшихся специальным почвенным исследованиям.

Основные климатические типы почв следующие (от полюса к экватору):

1) Арктические и высокогорные тундровые и скелетные почвы из продуктов механического распада коренных пород—полярного и высокогорного климата.

2) Подзолистые почвы—холодного, чрезмерно-влажного климата.

3) Черноземы—умеренного полновлажного климата.

4) Буроземы—переходного к полувлажному климату.

5) Красноземы—полувлажного теплого климата.

6) Сероземы и каштановые почвы сухих степей—полусухого климата (субаридные).

7) Скелетные почвы из продуктов механического распада коренных пород - сухого климата пустынь (аридные).

8) Латериты и красноземы полувлажного тропического климата.

9) Буроземы—переходного климата.

10) Черноземы—полновлажного тропического климата.

11) Подзолистые почвы—тропического чрезмерно влажного климата.

Солончаки, солонцы и такыры, рассмотренные в главе XIII, могут быть вкраплены во все типы почв, но главным образом в типы 6 и 7.

При ориентировке в отношении распространения разных типов почв геологу поможет предложенное Неуструевым почвенно-географическое деление европейской части СССР и Казакстана, которое приводим:

а) Царство выщелоченных почв под тундровой и лесной растительностью с господством подзолистого и болотного почвенного процесса. 1. Зона тундровая: мерзлота; господство болотного процесса. 2. Зона влажная: леса, а) подзона болотно-подзолистая и б) подзона лесопольно-подзолистая. 3. Зона полувлажная. Лесостепь. Вторичные подзолистые почвы с участками тучных черноземов (на юге).

б) Царство насыщенных почв под травяной, степной и пустынной растительностью. 4. Зона полусухая: а) подзона черноземная. Разнотравно-злаковые степи. Черноземы обыкновенные с участками тучных и частью южные, обычно несолонцеватые, б) подзона черноземно-каштановая. Обедненные злаковоразнотравные и злаковые степи. Южные черноземы и темнокаштановые, часто солонцеватые почвы. На склонах и в долинах появляются солонцеватые комплексы. 5. Зона сухая:

а) подзона солонцовая или сухих степей, почвы б. ч. солонцеваты, есть пухлые солончаки. Делится на полосы: 1) светло-каштановых почв злаково-полынных степей и 2) пустынных полынных степей на бурых почвах, где частью солончаковые почвы и гипсоносные солонцеватые почвы на каменистых материнских породах. б) Подзона солончаковая или пустынная. Эфемерная или ксерофитная пустынная и солянковая растительность. Сероземы примитивные часто солончаковатые, на твердых породах гипсоносные солонцеватые, а в условиях грунтового увлажнения пухлые и другие солончаки; такыровидные солонцы; такыры: бугристые и барханные пески.

Лёсс и лёссовидные породы. Почти по всей южной половине европейской части СССР, отчасти и в северной, затем во многих местностях южной Сибири и Туркестана подпочва состоит из лёсса или лёссовидных пород, нередко достигающих 3—4 м, а местами и 10—20 м и более мощности. Характерные особенности лёсса: залегание на разнообразных высотах, даже водоразделах; отсутствие мелкой слоистости (грубая нередко наблюдается), пористость, обусловленная тонкими более или менее вертикальными каналами, оставшимися после истлевших растительных корней, желтый цвет разных оттенков (буро-, серо-, красновато-, светложелтый); нахождение так называемых журавчиков — твердых мергелистых конкреций, иногда очень причудливой формы, то изредка рассеянных по всей массе, то более густо в определенных горизонтах; нахождение раковин наземных моллюсков и костей млекопитающих, особенно крупных травоядных и мелких грызунов, также птиц; способность держаться вертикальными обрывами даже значительной высоты, рассекаться ветвистыми оврагами с отвесными стенками. Лёсс легко режется ножом по всем направлениям и растирается между пальцами в тонкий порошок, в котором прощупываются отдельные угловатые песчинки и видны отдельные блестки белой слюды; брошенный в воду кусок лёсса долго выделяет пузырьки воздуха. На колесных дорогах он в сухое время года превращается в мелкую пыль, после дождя — в липкую грязь. Если лёсс залегает на склонах возвышенностей, в нем могут быть прослойки мелкого щебня, иногда даже целые пласты галечника; прослои щебня выклиниваются в сторону долины или равнины, прослои гальки—в сторону возвышенности. Там, где лёсс прилегает к коренной породе склона он содержит ее обломки и щебень, образующие также отдельные прослои, распространяющиеся в сторону долины, причем количество и величина щебня постепенно уменьшаются.

Лёссовидные породы,—суглинки, супески—в общем обладают теми же свойствами, но в меньшей степени; цвета их вариируют больше, доходя до темнобурого и беловатого; нередко видна ясная или неясная слоистость, мощность более ограничена; суглинки часто жестче лёсса, комковаты, рассечены тонкими трещинами; супески в порошке грубее, состоят, главным образом, из мелких песчинок, даже с примесью более крупных; вертикальные обрывы менее ровны; кроме наземных моллюсков в них попадаются и пресноводные.

Относительно генезиса лёсса среди геологов еще нет единодушия; кроме эоловой гипотезы существует еще пролювиальная (струевая) и элювиальная или почвенная, иногда даже подогревается старая ледниковая. Приемлемым для большинства можно считать такое мнение: типичный лёсс представляет эоловое образование и состоит из мелкой пыли, принесенной ветрами из пустынь—каменистых, глинистых, песчаных любого генезиса—осевшей на растительности сухих степей по окраинам этих пустынь и прибитой к почве дождями и снегами; превращение пылевого накопления в типичный лёсс происходит по мере его нарастания благодаря почвообразовательным процессам (см. список IV, № 13, 2); на окраинах современных пустынь он продолжает нарастать если имеются сухие степи; там где последних нет—он примешивается к растительной почве иного генезиса и теряет свою индивидуальность. Лёссовидные суглинки и супески представляют частью лёсс перемытый и перенесенный на склонах дождевыми струйками, частью лёсс деградированный разными почвообразовательными процессами в связи с изменением климата и растительности, частью тонкий аллювий, лишившийся слоистости и получивший пористость благодаря корням растений и почвообразовательным процессам, частью элювий и делювий, преобразованные теми же агентами.

В виду такого разнообразия генезиса лёссоподобных пород необходимо, встречаясь с ними, собирать материал для выяснения происхождения их в данной местности. Нужно наблюдать: площадь развития и мощность отложения в разных частях площади, его цвет, структуру, слоистость, пористость, присутствие журавчиков порознь, или горизонтами, раковин моллюсков, костей, прослоев, щебня или гальки, погребенных горизонтов гумуса, характер оврагов и обрывов; переход вверху в современную растительную почву, внизу—налегание на коренную породу или нанос другого состава (напр., валунную глину, песок, галечник) и состав этих подстилающих лёсс пород. В виду претензий, заявляемых элювиальной (почвенной) гипотезой на универсальность (см. Берг, список IV, № 2) интересно особенно тщательно изучить границу между лёссом или лёссовидной породой и подстилающей ее коренной или наносной. Хорошие зарисовки и фотографии обнажения совокупно с записями и коллекцией образцов из разных горизонтов (которые ради сохранения структуры нужно собирать сразу в коробки, вырезая их, как указано в главе II) и подстилающей породы в связи с общими наблюдениями о рельефе и строении местности позволяют решить вопрос о генезисе данной лёссовидной породы. Заметим еще, что механический и химический состав лёсса колеблется в широких пределах: песок и силикаты составляют 27—90%, глинозем 4—20%, известь 6—67% и являются главными элементами; остальное—растворимые в воде соли и органическое вещество. Лёсс Европы и Сев. Америки представляет отложение сухих ледниковых эпох, продукт развевания морен и флювио-гляциальных наносов. Лёсс Китая также связан с ледниковыми эпохами Центр. Азии, во время которых сухость ее климата усилилась, и пустыни

доставляли на окраинные степи гораздо больше пыли, чем теперь, когда лёсс продолжает нарастать, но медленнее.

Атмосферная пыль. Во время полевых работ, в особенности на юге, геологу приходится встречаться с явлением непрозрачности воздуха, при котором очертания более далеких предметов становятся неясными; иногда эта непрозрачность усиливается до того, что еле видны и близкие предметы и атмосфера кажется наполненной густым туманом. Это явление наблюдается нередко и на севере, в лесной полосе, особенно в Сибири, но здесь оно большею частью обусловлено лесными пожарами, т. е. представляет мельчайшие частицы копоти, распространяющиеся в воздухе на большие расстояния. На юге же причиной его бывают поднятые с земли мельчайшие частицы пыли; обыкновенно это связано с сильными ветрами и даже бурей, вздымающими пыль с дорог, с пашен и вообще обнаженных пространств и тогда наблюдаются черные бури в районе чернозема, желтые бури—в районе сыпучих песков, лёсса и лёссовидных почв. Но при продолжительной сухой погоде даже без ветра горячие токи воздуха, поднимающиеся от накаляемой солнцем поверхности почвы, в виде смерчей или вихрей, уносят с собой вверх мельчайшие пылинки, расплывающиеся в атмосфере, которая делается постепенно все более непрозрачной; это так называемые пыльные туманы, помохи, мгла. Иногда можно заметить, что завеса пыльного тумана надвигается в данную местность со стороны при безветрии или слабом ветре и только после начинается сильный ветер, который, очевидно, и двигал эту завесу перед собой. Пыльные бури обыкновенно, туманы редко заканчиваются выпадением дождя или снега, которые при этом окрашиваются пылью; так образуются красные, черные, желтые дожди и снега.

Встречаясь с явлением пыльной атмосферы, которая при сильном развитии очень стесняет кругозор, а в исключительных случаях совершенно мешает ориентироваться, геолог должен по возможности отмечать причину и степень непрозрачности воздуха (по видимости более или менее отдаленных предметов), предшествующее и последующее состояние погоды, направление ветра (при пыльной буре и надвигании пыльного тумана), силу его, выпадение пыли, если таковое имело место. В последнем случае следует собирать образцы пыли, выпавшей на чистую поверхность [напр., палатку, а лучше в выставленную глубокую коробку [1])], в сухом виде, с дождем или снегом; расспросы у населения позволят собрать материал о площади распространения данного явления и о частоте такового вообще и приуроченности к определенным временам года, направлению ветров и состоянию погоды. При пыльных бурях самая мелкая пыль проникает даже внутрь палатки и закрытых помещений, где может быть собрана со столов, дорожных ящиков, выло-

[1]) Коробку (при снеге или дожде — металлическую) нужно привязать крепко в вертикальном положении к шишке палатки или к специально поставленному шесту на высоте около 2 м над поверхностью земли.

женного листа бумаги, но это не дает полного представления о количестве выпавшей пыли.

Сыпучие пески представляют в одних случаях продукт выветривания коренных пород и почв, в других—продукт деятельности текучих и стоячих вод, перенесенный и отложенный ветром. Скопления сыпучего песка первого рода генезиса называются барханами, а второго—дюнами. Барханы распространены в местностях с господствующим механическим выветриванием, т. е. в пределах пустынь и полупустынь, дюны—по берегам рек, озер и морей. Иногда трудно точно определить, к какому типу отнести данное скопление; напр., если на берегах реки или озера ветер развевает более древние озерные или речные отложения или старые дюны, то по положению это будут дюны, а по материалу—скорее барханы, так как собственно дюны образуются из перевеваемых современных отложений.

Поэтому некоторые исследователи называют все эоловые аккумулятивные формы рельефа дюнами, считая бархан морфологическим, а не генетическим типом, так как эта форма встречается и среди морских и озерных дюн. В иностранной литературе эта терминология господствует и часто даже вместо термина бархан употребляют термин—„серповидная дюна" (Sicheldüne) для обозначения этой типичной формы одиночного скопления песка.

Как цвет, так и состав и крупность зерна песков различных категорий очень разнообразны; большинство песков как морских, так и речных и континентальных имеют серовато-желтый цвет разных оттенков, но встречаются буро- и красно-желтые, бурые, буро-красные, красные, светло- и темносерые, желто-белые и даже белые. По составу громадное большинство кварцевые, но известны полевошпатовые, известковые и гипсовые; в кварцевых песках почти всегда известный процент зерен представляет полевые шпаты, менее амфиболы, пироксены, слюды, иногда гранат, кальцит, разные соли и др. минералы; в некоторых песках бывает магнетит. В песке всегда содержится известный процент мелкой пыли, которая во время бурь поднимается в большом количестве в воздух, делая его менее прозрачным; она же способствует зарастанию песков, так как служит для питания растений. Содержание извести наглядно обнаруживается образованием известковых канальцев вокруг растительных корней. Так как цвет и состав песков существенно зависят от их генезиса, то необходимо собирать образчики с разных мест песчаной площади, с гребней и разных склонов барханов и гряд и со дна котловин для их изучения и сравнения с коренными породами и наносами соседних местностей.

Так как сыпучие пески, примыкающие к культурным площадям или населенным пунктам или возникающие возле или среди таковых, приносят большой вред, засыпая пашни, огороды, сады и строения, а расположенные на берегах рек могут обусловить обмеление последних и перемещение их русла, то изучение сыпучих песков, кроме теоретического, часто имеет и большое практическое значение. Вредные по своему вли-

янию, бесплодные на своей площади сыпучие пески могут быть превращены путем закрепления не только в безвредные, но даже в более или менее доходные угодья.

Закрепление песков, за исключением тех местностей, где этому препятствуют частые ветры, как на берегах морей, или недостаток атмосферных осадков, как, напр., в Сахаре, в пустынях Аравии, Таримского бассейна, Алашани, происходит естественным путем, но очень медленно, развитием на них растительности; барханные пески превращаются в бугристые, а последние—в песчаную степь; дюнные пески переходят в грядовые. В Средней Азии бугристые и грядовые пески могут зарасти саксаульным лесом, а в более влажном климате сосновым бором; при этом рельеф песчаных холмов и гряд в значительной мере сглаживается сносом материала в котловины. Но неразумная деятельность человека, как то: распашка песчаной почвы, пастьба скота, вырубка леса и кустов, часто препятствуют зарастанию песков или даже обусловливают новообразование сыпучих песков из заросших. Роющие грызуны—суслики, крысы, тушканчики влияют подобным же образом.

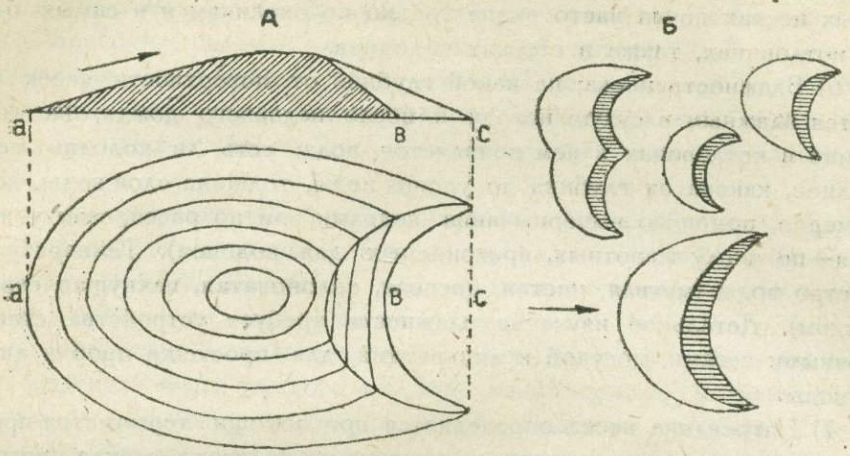
Поэтому встречаясь с площадью развития песков геолог должен прежде всего определить, к какому типу они принадлежат—к дюнному или барханному, сыпучему или зарастающему и в какой степени. Специальное изучение сыпучих песков с целью принятия широких мер для борьбы с ними требует устройства метеорологической станции в данной местности для выяснения направления, частоты и силы ветров, влажности воздуха и количества атмосферных осадков в разные времена года. Если такая станция уже имеется вблизи, то необходимые данные могут быть получены на ней. При общих исследованиях геолог может собрать часть этих данных непосредственными наблюдениями и расспросами у населения.

Наблюдения относительно **барханных песков** должны дать ответы на следующие вопросы:

1) Площадь, занимаемая барханами, ее размеры и фигура; покрыта ли она барханами сплошь или последние порознь и группами перемежаются с такырами, шорами, кустами, лесом, болотом. Расстояние площади от населенных пунктов.

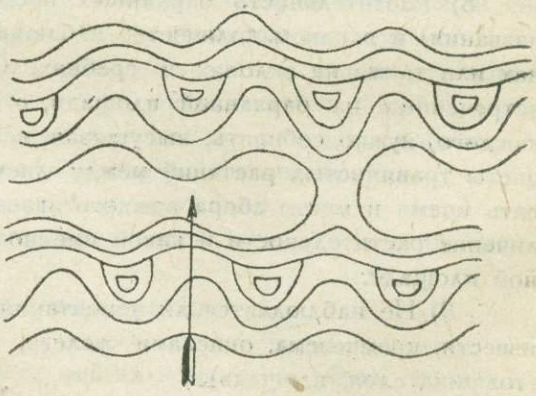
2) Форма песчаных скоплений—отдельных барханов (фиг. 45) и барханных валов (фиг. 46); высота тех и других над соседними котловинами средняя и максимальная; простирание валов и гребней отдельных барханов; в какую страну света обращены наветренные пологие и подветренные крутые склоны; длина и ширина валов; превышение их вершин над седловинами; размеры барханов в плане—длина и ширина (между рогами); угол наклона подветренного и наветренного склонов в отдельных барханах и валах; ширина промежутков долин и котловин—между барханами и валами. Неправильность форм благодаря ветру противоположного направления; слияние отдельных барханов в барханные горы и группы, их высота и форма; слияние барханных валов в сплошное песчаное море, в котором различимы только барханные неравно-

склонные вершины и замкнутые котловины, иногда воронкообразные. Нормально развитый отдельный бархан имеет в плане и разрезе форму, сравниваемую с копытной костью лошади (фиг. 45 *А*). Но встречаются также (и описываются путешественниками как типичные) барханы сер-



Фиг. 45.

повидной формы (фиг. 45 *Б*), у которых рога развиты сильнее в ущерб собственно телу. Можно думать, что эти формы не типичны, а обусловлены развеванием нормального бархана очень сильным ветром или же образуются на открытой местности из холмиков-кос при сильных ветрах, т. е. представляют в первом случае остатки, во втором—эмбрионы нормальных барханов. Желательны новые наблюдения для решения этого вопроса.



Фиг. 46.

3) Рябь на поверхности барханов и валов; высота гребешков, расстояние между ними, простирание, форма в плане (параллельные, волнистые, криволинейные, ветвящиеся гребешки); ориентировка их по странам света и по склонам барханов и валов; изменения формы в зависимости от положения и уклона склона.

4) Состав барханов: цвет и крупность песчинок на наветренном и подветренном склонах отдельных барханов, барханных валов и групп; нужно брать образчики в разных местах песчаной площади—по ее окраинам и в центре, на обоих склонах и гребне того же бархана и вала, на вершинах самых высоких групп. Слоистость песка (хорошо наблюдается в остатках старых барханов, выступающих среди свежих); при-

сутствие прослоек перегноя, растительных остатков, раковин моллюсков лёсса; ориентировка слоистости.

5) Состав почвы, на которой расположены барханы; неровности ее поверхности; признаки развевания и коррозии песком. В сплошных барханных песках почва часто видна только по окраинам и в самых больших котловинах, также в стенках колодцев.

6) Влажность песка; на какой глубине от поверхности песок становится влажным в сухую погоду и после недавнего дождя; на какой глубине в котловинах в нем появляется вода; есть ли колодцы среди барханов, какова их глубина до уровня воды, толщина слоя воды, дебит (примерно, помощью вычерпывания ведрами или по расспросам у населения—по числу животных, пригоняемых для водопоя). Температура и качество воды (мутная, чистая, пресная, солоноватая, пахнущая сероводородом). Детальное изучение влажности требует устройства станции с точными весами, посудой и аппаратами для просушки проб и анализов воды.

7) Нагревание песка определяется при помощи термометра-праща, а лучше—точных термометров с шариком из толстого стекла, которые кладутся на поверхность песка; шарик присыпают очень тонким слоем песка, чтобы защитить от непосредственных солнечных лучей. Наблюдения нужно производить одновременно на разных местах склонов барханов, в разные часы дня и при различном состоянии погоды—в солнечные, облачные, пасмурные, ветренные дни, чтобы получить большую серию; записывать цвет и крупность песка в месте каждого наблюдения.

8) Растительность барханных песков; какие растения (туземные названия) и в каком количестве наблюдаются и где—только в котловинах или также на склонах и гребнях. Образцы всех видов растений, встреченных на барханной площади, с отметкой о распространенности каждого, нужно собирать, высушивая веточки кустов, стебли, листья и цветы травянистых растений между листами оберточной бумаги; записать время и место сбора каждого экземпляра. Не замечается ли увеличение растительности и какой именно в определенных частях барханной площади.

9) Не наблюдается ли цементация поверхности песка отложением извести, кремнезема, окислами железа, где именно, в каких размерах (толщина слоя, площадь).

10) Движение барханов определяется или расспросами у населения или долговременными или повторными наблюдениями относительно специально поставленных знаков (вех, куч камня) или существующих предметов—кустов, деревьев, зданий. Знаки нужно ставить в 5—10 м от подножия подветренной стороны отдельных барханов разных частей окраин площади, записать расстояние и затем периодически, особенно после сильных ветров, производить измерение уменьшившегося вследствие наступания бархана расстояния, переставляя знаки, если бархан начинает уже засыпать их. Можно ставить веху и на самом гребне бархана, но только глубоко в песок, чтобы она не выпала при передвиже-

нии, и после каждого измерения снова переставлять ее на гребень. Во время ветра наблюдать как передвигаются песчинки в зависимости от их величины и силы ветра и собирать образчики песчинок передвигающихся порознь—скачками и массой—струйками по поверхности бархана и переносимых по воздуху. Для улавливания последних ставят вехи с прикрепленными к ним на различной высоте (1, 2, 3, 4 и 5 м) коробочками, наклоненными под углом 60° к горизонту и в сторону ветра; такие вехи ставят как на гребнях барханов, так и на дне котловин и сравнивают количество и величину песчинок в разных коробочках.

11) Вред, приносимый наступанием барханных песков; что они засыпают (поля, сады, огороды, здания, дороги), на какой площади в длину и ширину, с какой быстротой; принимаются ли меры борьбы с наступанием, какие именно и каковы их результаты.

Образчики песков должны собираться в таком объеме, чтобы можно было выделить часть каждого для минералогического, механического и химического анализов, производимых при обработке материала. Поэтому различные встреченные типы песка (по цвету, величине зерна, примесям) должны быть взяты в количестве 500—700 г каждый.

Наблюдения в **бугристых** песках состоят в следующем:

1) Площадь—то же, что в предыдущей программе с заменой слова „бархан" словом „бугор".

2) Форма—то же, но с добавлением: не замечаются ли среди заросших бугров оголенные барханы и где именно, в каком количестве, какой высоты, как ориентированы по странам света; не обильны ли они особенно вблизи юрт кочевников, колодцев, на окраинах площади, вблизи поселений (благодаря пастьбе скота, порубке кустов) или вокруг котловин с норами грызунов. Не замечаются ли на склонах бугров и гряд котловины выдувания с оголенным песком, их размеры, количество, ориентировка, зависимость от юрт, колодцев, поселений, нор.

3) Рябь—на оголенных и полузаросших площадях.

4) Состав песка на гребнях, склонах, в котловинах; слоистость, прослои.

5) Состав почвы под бугристыми песками.

6) Влажность песка.

7) Нагревание—в оголенных местах и между травами, кустами.

8) Растительность—особенно подробно; идут ли корни вглубь или стелются по поверхности; на какую глубину проникают; туземные названия и применение (корм для скота и какого, топливо, лекарственные, текстильные, для изгородей, корзин и пр.). Густота покрова на буграх и в котловинах.

9) Цементация поверхности песка; образование перегнойного слоя в зарослях кустов.

10) Движение оголенных барханов, рост котловин выдувания. Засыпание растительности вокруг оголенных площадей. Признаки гибели ее.

11) Генезис—произошли ли данные бугристые пески из барханных

путем естественного закрепления их или же возникли самостоятельно вследствие частичного развевания глинисто-песчаных отложений.

Образчики песка и почвы в том же количестве.

Наблюдения в **песчаной степи**, т. е. прежних совершенно успокоившихся и заросших песков, ведутся по той же программе с обращением особенного внимания на оголенные участки и причины оголения. Отметим, что в песчаной степи и бугристых песках почва, на которой лежит песчаный слой, видна очень редко, так как при закреплении песков котловины постепенно засыпаются, а барханы и бугры все более сглаживаются. Тем важнее находить эту почву и изучать ее состав — в колодцах, оврагах вблизи речных долин. Если средины барханных песков встречаются большие участки бугристых или даже песчаной степи и наоборот, то нужно определить размеры этих площадей и выяснить по возможности причины их образования в зависимости от соседства населенных пунктов, обилия кочевого населения, близости грунтовой воды, реки, озера; выяснить по расспросам и признакам расширение или сокращение оголенных площадей и быстроту такового. Выяснить генезис песчаной степи — из сглаженных бугристых песков или самостоятельно в виде зарастания площади сплошного развевания, напр., в Астраханской губ.

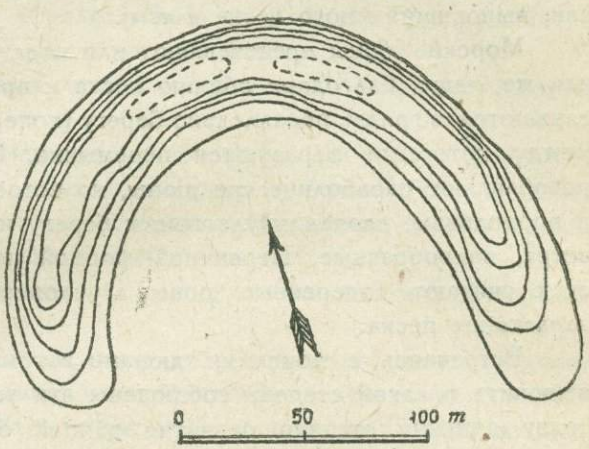
Речные и озерные дюны по формам развития мало отличаются от барханных песков, но возникают на берегах рек и озер, распространяясь по направлению господствующих ветров более или менее далеко вглубь страны. Можно думать, что пески Туркмении (Закаспийской обл.) и Туркестана, в значительной части представляют речные дюны, созданные перевеванием наносов рр. Теджена, Мургаба, Аму- и Сыр-Дарьи и только на западе и севере пески Туркмении переходят в морские (озерные) дюны Арала и Каспия, а на севере также в материковые барханы Устюрта.

Среди древних речных и озерных дюн Европы очень часто встречается другая типичная форма песчаного скопления, так называемая **параболическая дюна** (фиг. 47), тогда как форма бархана очень редка. Эти дюны представляют узкий и длинный дугообразный вал с сильно вытянутыми рогами и относительно слабо развитой средней частью; рога расположены не с подветренной стороны, как у бархана, а с наветренной, судя по пологости вогнутого и крутизне выпуклого склона. Размеры параболических дюн обычно гораздо больше, длина дуги, измеренная по гребню, часто достигает нескольких километров. Эти дюны представляют результат преобразования ветром отдельных барханов, чаще же — валообразных (грядовых) дюн, отчасти закрепленных растительностью; последняя развивается прежде всего на нижней части наветренного склона бархана, скрепляя песок и уменьшая его подвижность; поэтому при дальнейшей работе ветра перемещается материал высшей части, выдвигаясь по направлению ветра вперед и оставляя закрепленные растительностью нижние части склона в виде рогов на наветренной стороне; эти рога препятствуют образованию нормальных рогов на под-

ветренном склоне, так как задерживают песок на себе и ослабляют струи воздуха по краям бархана. Таким образом. бархан, в конце концов, превращается в параболическую дюну. Поэтому бархан можно считать типичной формой движущегося песка, параболическую дюну — формой двигавшегося во время зарастания песка (см. список V, № 20).

Наблюдения над **речными дюнными песками** ведутся по вышеуказанным программам с добавлением некоторых вопросов.

1) На каком берегу развиваются дюны? Обыкновенно они бывают на пологом, намываемом берегу, от которого река отступает, оголяя в мелководье большие площади; но иногда дюны бывают и на высоком (нагорном) берегу (напр., на Днепре, Аму-Дарье). Особенно обильны дюны в низовьях, где реки разбиваются на многочисленные протоки, и в дельтах.



Фиг. 47.

2) Образуются ли дюны в заливной долине реки или на надлуговой террасе или на более древних террасах; в последнем случае не заимствуется ли песок из развеваемых древних речных или озерных наносов, лёсса или третичных, меловых и т. п. отложений, обнаруживающихся в откосах террасы, оврагах, рытвинах? Омывается ли подножие высокой террасы рекой?

3) Изменения дюн заливной долины во время половодья; размыв их, перекрытие слоистыми наносами, какого состава. Размываемые дюны хорошо обнаруживают слоистость песка в разрезах, которую нужно наблюдать.

Полынов утверждает, что громадное большинство речных дюн является результатом размыва песчаных террас на берегах рек, расчленяемых оврагамм; получающиеся „останцы“ постепенно переформировываются ветрами, но остаются неподвижными, приобретая только форму дюны или бархана (см. список V, № 31, 2). Это утверждение следует иметь в виду и проверять в каждом отдельном случае.

Так как речные дюны большею частью находятся в местностях более или менее густо населенных, то нужно обращать особенное внимание на скорость их движения и на причиняемый вред (засыпание пашен, садов, огородов, бахчей, виноградников, селений), а с другой стороны — на степень оголения песков вследствие вырубки и истребления растительности человеком и порчи ее животными. Благодаря близости грунтовой воды речные дюны могут быстрее зарастать, чем барханы, и борьба с ними легче. Заросшие речные дюны также превращаются в бугристые пески и в песчаную степь или лес.

Морские дюны отличаются от речных своими размерами благодаря частоте и силе морских ветров и обилию песчаного материала, выбрасываемого волнами на затопляемое побережье. Условия образования морских дюн: 1) Отсутствие глинистых частиц в выбрасываемом морем песке, так как они слепляют песчинки, т. е. цементируют пляж. 2) Преобладание песчинок диаметром от 0,1 до 3—4 мм, так как более мелкие дольше сохраняют влажность, а более крупные могут быть подняты только бурей, 3) Частые ветры с моря. 4) Плоский берег. 5) Обилие песчаного материала—напр., благодаря составу соседних крутых берегов из легко разрушаемых прибоем песчаников разного рода, близости устья рек, выносящих много песка и т. п.

Морские дюны представляют или отдельные холмы формы бархана или же, чаще, благодаря обилию песка и препятствий для его движения, сливаются в гряды, параллельно берегу (поперечные валообразные дюны), между которыми образуются перемычки. В древних дюнных районах преобладают параболические дюны, но встречаются как поперечные, так и продольные, перпендикулярные к берегу и параллельные направлению ветра, валообразные. Первичной формой последних, как и параболических считают поперечные дюны, а условием образования — частичное зарастание песка.

Встречаясь с морскими дюнами в том или ином развитии, нужно выяснить в какой степени соблюдены эти условия, так как это выяснит сразу причину степени развития данной области дюн. Затем нужно определить:

1) Размеры площади, занятой дюнами и длину береговой линии; 2) Зависимость распределения дюн от топографических особенностей берега и от направления равнодействующей господствующих ветров; чем ближе угол между последней и береговой линией к прямому, тем больше ширина пояса дюн. 3) Непосредственный источник дюнного песка: материал, выбрасываемый морем на пляж, на отмели или же выдуваемый ветром из более древних отложений, слагающих берег. 4) Где начинается передвижение песка—от самого уреза воды или на некотором расстоянии от него; какие препятствия обусловливают скучивание песка в холмики-косы. 5) Форма дюн: отдельные барханы, рассеяные кое-где вдоль берега в зависимости от препятствий (их форма, высота, ширина и длина, развитие рогов) или правильные гряды, параллельные берегу; число гряд, высота, ширина и поперечный профиль; ширина продольных долин между грядами. Особенное внимание нужно обратить на ближайшую к морю, так называемую передовую дюну, ее форму, высоту, характер склонов. Наличие поперечных долин и котловин выдувания; перемычки в продольных долинах, их обилие, высота. Параболические дюны. Продольные, валообразные дюны (их формы, высота, ширина, длина, развитие рогов у первых). 6) Рябь на дюнах. 7) Состав песка. 8) Состав почвы под дюнами. 9) Влажность песка. 10) Нагревание песка. 11) Растительность и 12) Движение— все эти вопросы в деталях, как относительно барханных песков; относительно растений нужно при-

соединить к двум категориям барханной растительности — котловин и гребней — еще третью — растений пляжа. 13) Как отражается развитие дюн на береговой полосе: перемещение устьев рек, образование озер между дюнными грядами, лагун, болот, торфяников. 14) Не замечается ли поднятие берега, способствующее развитию дюн или же опускание его, задерживающее последнее; не размывает ли море передовую дюну, постоянно или временно (в бури); как отражается размыв на наветренном склоне (уничтожение растительности, котловины выдувания, обнажение внутренних слоев). 15) Вред, приносимый наступлением дюн и применяемые меры для борьбы с ним; кроме засыпания сооружений и культурных угодий дюны обусловливают обмеление и подпруживание устьев рек, заболачивание лугов, образование озер.

Образчики дюнного песка нужно собирать в таком же количестве, как и барханного.

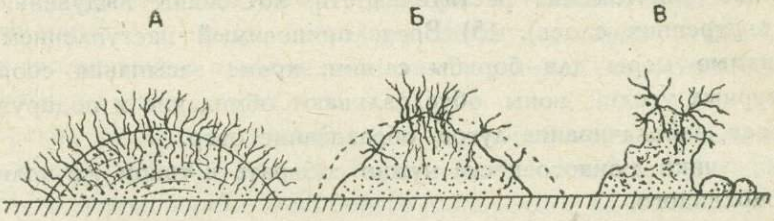
Озерные дюны развиваются в большом количестве только на берегах больших, особенно усыхающих озер в более сухом климате; на берегах небольших озер можно встретить обыкновенно только отдельные дюны или небольшие дюнные площади.

Вопросы, на которые нужно дать ответ, те же, что и для морских дюн.

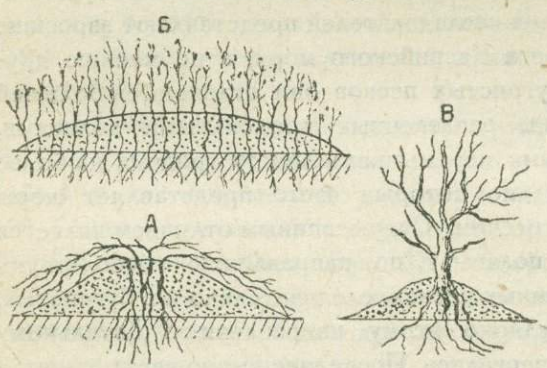
Грядовые пески, развитые, напр., в западной половине Туркменской республики, по мнению одних исследователей представляют заросшие дюны древнего восточного берега Каспийского моря, а по мнению других—материковые пески. От бугристых песков они отличаются большей правильностью и высотой гряд, разделенных продольными долинами, которые расчленены поперечными перемычками между грядами на более или менее длинные котловины, дно которых часто представляет шоры или такыры, если не занесено песком. Существенным отличием является также расположение гряд, как полагают, по направлению господствующих ветров, тогда как в барханных песках, следовательно и в бугристых, валы расположены перпендикулярно этому направлению. Детальному изучению эти пески еще не подвергались. Последнее нужно вести, сочетая вопросы, поставленные для бугристых песков, с таковыми для дюнных и обратить особенное внимание на изучение почвы шоров, на нахождение раковин морских или наземных моллюсков в песке гряд и шоров, на направление и силу ветра в разное время года, на обнаженность площадей вокруг колодцев и поселков (юрт) туркмен. От современных дюн восточного берега Каспийского моря грядовые пески отделены широким промежутком солончаков, солонцовой степи и полупустыни по обе стороны станции Балла-ишем, занимающим пространство между грядами Большой и Малый Балхан, а на востоке где то должны перейти в нормальные бугристые пески. Преобразование барханных валов, перпендикулярных направлению господствующих ветров, в гряды параллельные последнему, приписывают развитию котловин выдувания на наветренных склонах, постепенно прорезающих валы; выносимый с последних песок отлагается в промежутках между валами. В таком случае

эти гряды аналогичны продольным валообразным дюнам, которые также располагаются по направлению господствующих ветров, но формируются из первоначальных поперечных дюн.

Кучевые пески представляют особый тип песчаных скоплений, распространенный очень широко и до сих пор мало обращавший на себя внимание, так как они безвредны. Эти пески развиваются в тех местах, где свободного материала, переносимого ветром, немного и где он, скучиваясь вокруг препятствий, представляемых кустами растений, не в состоянии засыпать таковые и образовать барханы; растение борется с медленным засыпанием, удлиняя свои корни, пока засыпание не достигнет известного предела; тогда растение постепенно засыхает, скопление песка лишается защиты его ветвей и листвы и начинает развеваться (фиг. 47 *Б*, *В*); то же происходит, если уровень грунтовой воды понизится, напр., вследствие образования оврага, усыхания озера, перемещения русла реки. Размеры песчанных скоплений зависят от вида растений, дающих защиту и колеблются от 0,3 — 0,5 м до 10 — 12 м высоты; кустики эфедры, полыни, караганы и т. п. создают маленькие кучи, хармык (*Nitraria Shöberi*) кучи до 1—2 м, кусты тамариска (фиг. 48 *А*) — наиболее высокие кучи; тополя образуют более широкие и плоские кучи (фиг. 49). Кучевые пески встречаются часто по берегам рек, озер, на дне больших впадин, на сухих солончаках, занимая более или менее значительные площади или образуя отдельные группы или цепи. Песок скоплений отличается от барханного более или менее значительной примесью глины, извести, солей, животных и растительных остатков (см. список V, № 28, 3).



Фиг. 48.



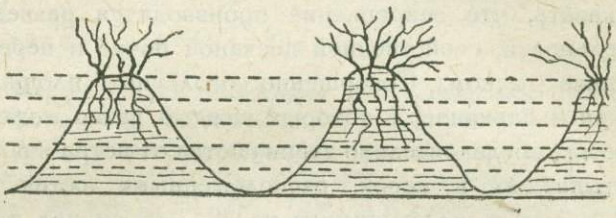
Фиг. 49.

А — хармыковый, *Б* — камышевый, *В* — тополевый кучевой песок.

Встречаясь с кучевыми песками, нужно определить: 1) местоположение — берег реки, озера, дно впадины, солончак и пр.; 2) форму и размеры занятой ими площади; 3) высоту и форму куч, обилие их, группи-

ровку и распределение по площади; 4) вид растения, обусловившего скопление; 5) состав и строение кучи (раскопкой); 6) наличие умирающих и умерших растений и развеваемых куч; формы последних, причины умирания; 7) состав почвы, на которой расположены кучи; 8) глубина грунтовой воды — по ее уровню в колодце (или бурением, шурфовкой если возможно) и ее качество; 9) не лежат ли кучевые пески с наветренной или подветренной стороны площади барханных или бугристых песков; не переходят ли постепенно в таковые (присутствие холмиков—кос, одиночных маленьких барханов, накоплений сыпучего песка с наветренной стороны куч и групп).

На пологих склонах обширных впадин Центр. Азии, а также на подножии гор Туркмении и Туркестана кучевые пески могут представлять продукт размыва летними ливнями супесчаной почвы; мелкий материал, уносимый вниз, может задерживаться вокруг отдельных кустов и в зарослях злаков и затем цементируется (см. список V, № 31, 2). Это будет особый тип кучевых песков, созданный не ветром, а водой.



Фиг. 50.

Бугры насыпания образуются в рощах тополя, саксаула, тамариска, ивы и др. деревьев, растущих вдоль рек и вокруг источников или во впадинах, где грунтовая вода имеется в достаточном количестве; они отличаются от кучевых песков по своему составу, так как кроме мелкого песка в них накопляется и лёссовая пыль, оседающая из воздуха на почву и листву рощи. Поэтому, если только эти рощи не расположены по соседству с барханными или бугристыми песками, материал бугров преимущественно лёссовый. В более густых зарослях бугры плоские и широкие, вокруг отдельно стоящих деревьев—более крутые. Желательны более систематические данные о формах, составе, причинах развития и гибели этих эоловых образований.

Бугры развевания создаются не накоплением мелкого материала под защитой растительности, а удалением рыхлых отложений, не защищенных растительностью. Если какие-либо кусты растут порознь на площади лёсса или рыхлого песчано-глинистого аллювия, которая подвергается развеванию, напр., потому, что один край ее был подмыт рекой или прорезан оврагом или в площадь врезались отдельные рытвины после сильного ливня, ветер может уже действовать на обрывы из рыхлого материала и постепенно уносить последний за исключением почвы под кустами, скрепленной их корнями; так образуются более или менее высокие усеченные конусы, увенчанные каждый кустом (фиг. 50). Кусты со временем также погибают вследствие обнажения корней; бугры лишаются защиты ветвей и корней и постепенно подтачиваются, пре-

вращаются в неправильные столбы, наконец, исчезают. Эти эоловые формы также изучены очень мало; некоторые путешественники полагают, что ветер может развевать почву непосредственно между кустами, действуя на нее сверху, а не только пользуясь обрывами, созданными водой. Желательны более систематические данные о причинах и о формах развития и исчезновения этих бугров, встречающихся в пустынных местностях.

Закрепление сыпучих песков составляет уже задачу лесоводов или инженеров-мелиораторов, а не геологов; последние могут помочь в этом отношении изучением данной песчаной площади, выяснением причин ее возникновения и разрастания, быстроты ее движения, состава и водоносности песка, как указано выше. Поэтому достаточно будет указать, что закрепление производится разведением на песках растительности, свойственной песчаной почве и переносящей некоторое засыпание песком. Совершенно оголенные площади наветренной стороны дюн и барханов, с которых каждый ветер может сносить слой за слоем песок, предварительно защищаются от ветра низкими оградами из прутьев, втыкаемых в песок, расположенными сетью с ячейками 2×2 или 3×3 м, и выдающимися на 30—40 см над песком. В эти ячейки производится затем посадка травянистых растений (злаков) пучками; ограды защищают растения от ветра, пока они не примутся и не укрепятся; затем на наветренном склоне морской передовой дюны среди травы сажают кусты таких видов, которые разрастаются очень густо и выносят сильное давление ветра, засыпание и соленые брызги, а на других частях дюн и на барханах сажают деревья, преимущественно разные виды сосны, менее ели, пихты, ольхи и березы (последние, главным образом, в котловинах, где грунтовая вода ближе). Таким способом, связанным, конечно, с более или менее крупными и долговременными затратами, бесплодные пески превращаются в лесные угодья, правильная эксплоатация которых не только покрывает проценты на затраченный капитал, но дает доход, не говоря уже о том, что опасность дальнейшего наступания песков на культурные угодья и сооружения совершенно устраняется.

Всего лучше и дешевле закрепление речных дюн благодаря близости грунтовой воды, облегчающей развитие растительности; эти дюны могут быть превращены не только в леса, но даже в фруктые сады и виноградники, как показывает пример Алешковских песков в низовьях Днепра. Труднее борьба с морскими дюнами, благодаря силе ветров и обилию постоянно выбрасываемого морем песка; еще труднее закрепление барханов—уже вследствие сухости континентального климата и особенной подвижности песка.

Встречаясь в исследуемой местности с площадями закрепляемых песков того или иного рода геологу полезно познакомиться с методами закрепления и произвести наблюдения относительно успехов борьбы с песком, возобновления оголенных пространств после сильных ветров, образования котловин выдувания, свежих барханов, причин неудач и

задержек закрепления. Это в особенности важно в местах развития речных дюн и материковых песков, наиболее распространенных в пределах Союза и в большинстве случаев еще не закрепленных.

Главнейшая литература

Очень подробный список литературы о деятельности ветра имеется в книгах:

1) Free, E. The movement of soil material by the wind, with a bibliography of aeolian geology by S. Stuntz and E. Free. Dep. of Agricult. Bull. № 68, 272 стр. Washington, *1911*.

2) Тутковский, П. Ископаемые пустыни северного полушария. Прил. к журн. „Землев." за 1909 г. М., *1910* (942 № и обзор этой литературы).

I. Выветривание и почвообразование

1) Баклунд, О. О. Полярный Урал. Экспедиция бр. Кузнецовых 1909 г. Вып. 1, 70—71. Зап. Ак. Н., Физ.-мат. отд., С. VIII, т. 28, № 1, СПБ., *1911*.

2) Богословский, Н. 1) О некоторых явлениях выветривания в области русской равнины. „Изв. Геолог. Ком.", 18, 235—273, *1899*. 2) Кора выветривания русской равнины. „Зап. Мин. О-ва", 38, вып. I, 281—306. *1900*. 3) К сравнительной химической характеристике коры выветривания и т. д. „Изв. Геол. Ком.", 337—343. *1904*.

2а) Гладцин, И. Курумы. „Природа", № 4, *1930*.

3) Глинка, К. 1) Исследования в области процессов выветриванья. Тр. СПБ. О-ва Ест., 34, в. 5, 1—179, *1906*. 2) Почвоведение. Изд. 3-е, Москва, *1927*. 3) Почвообразование. СПБ, *1913*.

3а) Димо, Н. А., Келлер, В. А. В области полупустыни. Изд. Самарск. губ. Земства, *1907*.

3б) Драницын, Д. Краткий почвенно-географический очерк южной части Закаспийской обл., СПБ., *1913*.

4) Ламакины, Н. В. и В. В. Географическое исследование в Вост. Саянах в 1927 г. Тр. Геогр. Научн. Иссл. Инст. при Ф.-М. Фак. 1 МГУ, Москва, *1928*.

5) Макеров, Я. Нагорные террасы в Сибири и происхождение их. „Изв. Геол. Ком.", № 8, 761—802, *1913*.

6) Мефферт, Б. О выветриваньи минерального угля, „Труды Геол. Ком.", Н. С. в. 60, СПБ., *1910*.

7) Неуструев, С. 1) Опыт классификации почвообразовательных процессов в связи с генезисом почв. Изв. Геогр. Инст., в. 6, 1—48, *1926*. 2) О почвенно-географическом разделении степей и пустынь. „Природа", № 5, *1928*.

8) Павлов, А. Генетические типы материковых образований ледниковой и послеледниковой эпох (элювий и делювий). „Изв. Геол. Ком.", № 7, 243—262, *1888*.

9) Падалка, Г. Л. О высоких террасах на северном Урале. „Вестн. Геол. Ком.", № 4, *1928*.

10) Полынов, Б. 1) Особенности условий выветриванья в Амурской обл., Еж. Геол. и Мин. Р. XII, 133—137. 2) Кора выветриванья и почва. „Природа", № 5—6, 591—604, *1917*. 3) Почвы и их образование. *1923*. 4) Общая программа изучения коры выветривания и послетретичных наносов России. „Изв. Геол. Ком.", № 4, прот. 39—54, *1924*.

10а) Blanck, E. Die ariden Denudations- und Verwitterungsformen der sächsisch-böhmischen Schweiz etc. Tharand, Forstl. Jahrb., 73, *1922*.

11) Blanck, E. und Rieser, A. Ueber die chemische Veränderung des Granits unter Moorbedeckung. Chemie d. Erde. II, H. 1, 15—48, *1925*.

12) Chelius, C. Die Bildung der Felsenmeere im Odenwald. „Ztschr. d. d. geol. Ges.", 48, № 3, *1896*.

13) Duparc, L., Pearce, F. et Tikanowitch, M. Recherches géologiques et petrographiques sur l'Oural du Nord. Le bassin de la Haute Wichéra. P. III, chap, VI, Genève, *1909*.

14) Gabriel, A. Verwitterung der Mineralien durch Adsorption. Inaug. Diss. Jena, *1909*, 53 стр.

15) Harrasowitz, H. Klima und Verwitterungsfragen. N. J. Blg. bd. 47, s. 495–515, *1924*.

16) Kraus, E. Über Block- und Felsbildungen Deutschlands und ihre Bedeutung für die Erschliessung des Vorzeitklimas. „Geol. Archiv", I, 109–121, *1923*.

17) Lang, R. 1) Die Verwitterung. Fortschr. d. Min., Kr. u. Petr. VII, s. 175–244, *1922*. 2) Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. Stuttgart, *1920*.

18) Merril, G. Treatise on rocks, rock-weathering and soils. New York, *1904*, 2 edit.

19) Meyer, H. 1) Verwitterungslagerstätten. „Ztschr. prakt. Geol." № 6, 127–136, *1916*. 2) Klimazonen der Verwitterung und ihre Bedeutung etc. „Geol. Rundsch.", VII, H. 5/6, 193–248, *1916*.

20) Sjuts, H. Ueber die Bedeutung der Verwitterung für die Umgestaltung der Erdoberfläche. Inaug. Dies., Lübbecke, *1907*.

21) Stremme, H. 1) Grundzüge der praktischen Bodenkunde. Berlin, *1926*. 332 стр. 2) Ueberreste tertiärer Verwitterungsrinden in Deutschland. „Geol. Rundsch.", 337–345, *1910*; 37–38, *1911*.

22) Stremme, H. und Aarnio, B. Bestimmung des Gehaltes anorganischer Kolloide in zersetzten Gesteinen und deren tonigen Umlagerungsprodukten. „Ztschr. prakt. Geol.", 329–349 и 467, *1911*.

23) Vilensky, D. Die Einteilung der Böden auf Grund analoger Reihen in der Bodenbildung. Mitt. d. internat. Bodenkundl. Ges. N. F. I., 242–261, *1926*.

24) Woolnugh, W. The influence of climate and topography on the formation and distribution of products of weathering. „Geol. Mag.", март, *1930*.

II. Развевание, пустынные корки и загар

1) Бычихин, А. О влиянии ветров на почву. Тр. Вольн. Экон. О-ва, № 6, 312–320, *1892*.

2) Белецкий, И. Действие ветра на почву. Мат. по изуч. русск. почв., вып. 9, *1895*, 40 стр.

3) Берг, Л. О некоторых явлениях денудации на берегах Аральского моря. „Почвовед.", 37–44, *1902*.

4) Вальтер, И. Законы образования пустынь Перевод с нем. Изд. Девриена, СПБ., *1911* (с дополнениями Берга и Дубянского).

5) Ивченко, А. 1) Развевание в окрестностях Илецкой защиты. „Землев.", кн. 1, 69–76, *1903*. 2) В Оренбургском крае. Там же, *1905* и *1907*. 3) Денудация степи I–III. Еж. Геол. и Мин. Р., *1905–06*. 4) Периферическая область пустынного ландшафта. Еж. Геол. и Мин. Р., VI, в. 4–5, 103–114, *1906*.

6) Лисицын, К. О фазах дефляции в песчаных пространствах Донской обл. Еж. Геол. и Мин. Р., XVI, в. 2–4, 83–95, *1914*.

7) Обручев, В. 1) О процессах выветриванья и развевания в Центр. Азии. „Зап. Мин. О-ва", 33, в. 1, 229–272, *1895*. 2) Эоловый город. „Землев.", кн. 3, *1911*.

8) Пилипенко, П. 1) О некоторых формах выветривания у снега и льда. Изв. Томск. Унив., 49, 17 стр. *1913*. 2) Минералогия Зап. Алтая. Там же, 62, *1915* (173–207 явления пустынного выветривания; замечания Таганцева „Изв. Р. Геогр. О-ва, 5, в. 3, 264–267, *1916*).

8а) Прасолов, Л. И. Кремнеземистые корочки в почвах Забайкальской обл., „Почвоведение", № 3, *1914*.

8б) Ферсман, А. Е. О характере гипергенных процессов в местностях с пустынным климатом. Докл. Ак. Наук, 97–98, *1925*.

9) Таганцев и Зильберминц. О пустынном выветривании в ледниковой области Туркестанского хребта. „Изв. Ак. Наук", № 14, 1041 - 1051.

10) Тутковский, П. Пирамидальные валуны в Южном Полесье. „Изв. Геол. Ком.", 363 406, *1900* (и в начале списка № 2).

11) Чирвинский, П. Эоловые формы снежного покрова, условия их образования, выветривания и т. д. Киев, *1909*, 72 стр.

12) Калицкий, К. Нефтяная гора. „Тр. Геол. Ком.", Н. С., в. 95.

13) Abel, O. Ueber sternförmige Erosionssculpturen auf Wüstengeröllen Jahrb. geol. Reichsanst., 51, H. 1, 16 стр., *1901*.

14) Barton, D. Notes on the desintegration of granite in Egypt. „Journ. Geol.", 24, № 4, 382—393, *1916*.

15) Blackwelder, E. Exfoliation as a phase of rock weathering. „Journ. Geol.", 33, 793—806, *1925*.

16a) Blanck, E., Passarge, S. Die chemische Verwitterung in der ägyptischen Wüste. Abb. Hamb. Univ., XVII Reihe, Bd. VI, *1925*.

16б) Blanck, E., Passarge, S., Rieser, A. Ueber Krustenböden und Krustenbildungen etc. Chemie der Erde, II, H. 3, *1926*.

17) Calker, F. Facettengeschiebe und Kantengeschiebe im niederländischen Diluvium und ihre Beziehungen zu einander. Centrbl. N. J. 425—429, *1906*.

18) Cross, W. Winderosion in the Plateau country. Bull. Geol. Soc. Amer., 19, 53—62, *1908*

19) Dacqué, E. Ueber die Entstehung eigentümlicher Löcher im Eozänkalk des Fajûm, Aegypten. „Geol. Rundsch.", 6, 193—202, *1915*.

20) Darton, N. Badlands of South Dakota and Nebraska. Geol. Charakterbilder von Andreè. № 25, Berlin, *1921*.

21) Escher, B. Ueber die Entstehung des Reliefs auf den sogenannten Rillensteinen. „Geol. Rundsch.", 4, 1—7, *1913*.

22) Fersmann, A., Wlodawetz, N. Ueber die Erscheinungen der Silificierung in der Wüste Karakum. Доклады Ак. Наук, 145—149, *1926*.

23) Güntner, S. Durchlöcherte Berge und orographische Fenster. S. Ber. Bayr. Ak. Wiss., math. phys. Kl. H. 2, 373—403, *1911*.

24) Häberle, D. Die gitter-, netz- und wabenförmige Verwitterung der Sandsteine. „Geol. Rundsch.", 6, 264—285, *1915*.

25) Hettner, A. Die Felsbildungen der Sächsischen Schweiz. „Geogr. Ztschr.", 9, *1903*.

26) Hibsch, I. Ueber den Sonnenbrand der Gesteine. „Ztschr. prakt. Geol", № 5, 69—79, *1920*.

27) Hilgard, E. Some peculiarites of rock-weathering in the arid and humid regions. „Am. Journ. Sc.", 171, 261—269, *1906*.

28) Högbohm, B. Wüstenerscheinungen auf Spitzbergen. Bull. Geol. Inst. Upsala, 11, 242 -251, *1912*.

29) Kaiser, E. 1) Studien während des Weltkrieges in SW Afrika. II. Hohlformen etc. III. Kalkkrusten. „Ztschr. d. Ceol. Ges.", 72. Mon. B. 64—76, *1920*. 2) Kaolinisierung und Verkieselung als Verwitterungsvorgänge in der Namibwüste. „Ztschr. f. Krist.", 58. 125—146, *1923*. 3) Ueber Verwitterungserscheinungen an Bausteinen. N. J. II. 42—64, *1907*.

30) Kalkowsky, E. Die Verkieselung der Gesteine in der nördlichen Kalahari Dresden, *19 1*, 53 стр.

31) Kessler, P. 1) Ueber Lochverwitterung und ihre Beziehungen zur Metharmose der Gesteine. „Geol. Rundsch.", 12, 237—269, *1922*. 2) Einige Wüstenerscheinungen aus nicht aridem Klima. Там же, № 7, 413—424, *1913*.

32) Koert, W. Der Krusteneisenstein in den deutsch-afrikanischen Schutzgebieten. Beitr. z. Erf. d. d. Schutzgeb., H. 13, *1916*.

33) Linck, G. Ueber die dunklen Rinden der Gesteine der Wüste. Jen. „Ztschr. f. Naturw.", 35, *1900*, 8 стр.

34) Lortet et Hugouneng. Coloration noire des roches formant les cataractes du Nil. „CR Ac. Sc.", **134**, p. 1902, *1901—02.*

35) Lozinski, W. Ueber die mechanische Verwitterung der Sandsteine im gemässigten Klima. Bull. intern. Ac. Sc. de Cracovie, № 1, 1—25, *1909.*

36) Paige, S. Rock-cut surfaces in the desert ranges. „Journ. Geol.", **20**, 442—450, *1912.*

37) Passarge, S. 1) Studien über Inselberglandschaften. Ztschr. d. d. Geol. Ges.", **66**, Prot. 193—209, *1904.* 2) Verwitterung und Abtragung in den Steppen und Wüsten Algeriens. „Geogr. Ztschr.", 493—510. *1909.* 3) Die pfannenförmigen Hohlformen der südafrikanischen Steppen. „Pet. Mitt.", 57—61 и 130—135, *1911.* 4) Die Kalabari. Berlin, *1904.*

38) Pfannkuch, W. 1) Die Formen der Kantenkiesel. „Geol. Rundsch.", **5**, № 4, 247—253. *1915.* 2) Die Bildung der Dreikanter. Там же, **3**, № 5—6, 311—319, *1913* и **10**, 112—118, *1919.*

39) Rimann, E. Zur Entstehung von Kalaharisand und Kalaharikalk, insbesondere der Kalkpfannen. „Centralbl.", N. J. 394 и 443, *1914.*

40) Russel, I. Subaerial decay of rocks and origin of the red color of certain formations. U. S. Geol. Surv., Bull. **52**, 65 стр.

41) Samuelson, C. Studien über die Wirkungen des Windes in den kalten und gemässigten Erdteilen. Bull. Geol. Inst. Upsala, **20**, 57—230, *1926.*

42) Scheu, E. Die Entstehung von Trockentälern. Festband Penck, 93—106, Stuttgart, *1918.*

43) Tarr, W. Silification of erosion surfaces, „Econ. Geol.", № 5, 511—513, *1926.*

44) Udden, I. 1) Erosion, transportation and sedimentation performed by the atmosphere. „Journ. Geol.", **2**, 318—331, *1894.* 2) Etche-potholes. Univ. Texas Bull. № 2509, *1925.*

45) Walter, I. 1) Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Leipzig, *1891.* 2) Ueber die Bildung von Windkantern in der Lybischen Wüste „Ztschr. Geol. Ges.", **63**, Mon. Ber., № 7, 110—117, *1911.* 3) Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. 4) Aufl. Liepzig, *1924.*

46) White, C. Desert varnish. „Amer. Journ. Sc.", **7**, № 41, 413—420, *1924.*

47) Zahn, G. Wüstenrinden am Rand der Gletscher. Chemie der Erde, *1929.*

III. Атмосферная пыль

1) Абельс, Г. О выпадении африканской пыли в Пермской губ. 12/II 1901 г. „Зап. Ур. О-ва Люб. Ест.", **25**, 1—5, *1905.*

2) Агринский, К. Метеорн. условия появления мглы в Саратовском крае за 20 лет, 1879—98. „Сарат. Земск. Нед.", прил. к № 49, 1—18, *1898.*

3) Вальтер, И. Самум, как геологическая сила. Перевод „Землев.", кн. 3, 128—144, *1899.*

4) Высоцкий, Г. Материалы к изучению черных бурь в степях России. Тр. Эксп. Лесн. Деп. под рук. Докучаева. Сборник отд. В, I, 31—48, *1894.*

5) Гадолин. О желтом снеге, выпавшем 14 марта 1850 г. в Лаишевском, Казанском и Спасском уездах. „Зап. Мин. О-ва", II, 412, *1867.*

6) Иностранцев, А. Об атмосферной пыли, выпавшей в Ошмянском уезде Виленской губ. Тр. СПБ. О-ва Ест., **20**, 14, *1889.*

7) Карпинский, А. О граде с вулканическим и космическим материалом. „Зап. Мин. О-ва", **40**, в. I, 16—20, *1902.*

8) Неуструева, М. Результаты работ станции по наблюдению над атмосферно-пылевыми явлениями близ г. Ош, Ферганской обл. Изв. Докуч. Почв. Ком. № 4, 35 стр., *1914.*

9) Николаев, С. Продолжительная мгла. „Метереол. Вестн.", 222—273, *1898.*

10) Обручев, В. О желтом снеге, выпавшем в Змеиногорском уезде 27—28/I, 1911 г. Тр. Томск. О-ва изуч. Сибири, II, в. 2, *1913*, 6 стр.

11) Пржевальский, Н. 1) Третье путешествие в Центр. Азии. 32—35, 185—

187, СПБ, *1883*. 2) Четвертое путешествие в Центр. Азии, 89—90. СПБ, *1888*. 3) Письмо из оазиса Чира. „Изв. Р. Геогр. О-ва, в. 6, 558-575, *1885*.

12) Саваренский, Ф. 1) Об атмосферной пыли, выпавшей со снегом 8—9/IV 1907 г. в окрестностях Калуги. Еж. Геол. и Мин. Р., **13**, в. 5—7, 157—158 и в. 7, 205—207, *1911* (с дополнением Н. Димо). 2) Петрографическое и химическое исследование пыли, осевшей из пыльного тумана в апреле—мае 1892 г. Тр. Метеор. Сети ЮЗ России, **4**, *1893*.

13) Сидоренко, М. О минеральном составе и происхождении пыли в январском снеге Одессы. „Зап. Новор. О-ва Ест.“, **18**, в. 1, 33—39, *1898*.

14) Шульц, А. О необходимости изучения мглы или помохи. „Метеор. Вестн.“, I, 7—18, *1898*.

15) Baddeley, P. Whirlwinds and duststorms of India. 2 тома. London, *1860*.

16) Baraê, M. Probe des mit dem Regen in der Nacht vom 10 auf den 11 März in Fiume gefallenen Staubes. „Meteor. Ztschr.“, **18**, 463, *1901*.

17) Finckh, L. Ueber den am 6/7 Januar 1908 in Norddeutschland beobachteten Staubfall. „Ztschr. d. Geol. Ges.“, **60**, 62, *1908*.

18) Hellmann, G. Ueber die Herkunft der Staubfälle im Dunkelmeer. Sitz. Ber. preuss. Ak. Wiss., 272—282, *1913*.

19) Hellmann, G., Meinardus, W. Der grosse Staubfall vom 9—12 März 1901 in Nordafrika, Süd- und Mitteleuropa. Abh. preuss. Meteor. Inst., II, № 1, *1901*.

20) Hustedt, F. Untersuchungen über die Natur der Harmattantrübe. D. Uebersee-Meteor. Beob., H. 23. Hamburg, *1922*.

21) Klossowsky, A. Les ouragans de poussière dans la Russie méridionale. Bull. Soc. Belge Geol., 8, f. 2—3. 237—240, *1895*. „Meteor. Ztschr.“, **12**, 149—150, *1895*.

22) Loczy, L. Die Staubanhäufungen im Plattensee (in „Die geologischen Formationen der Balatongegend“, Wien, *1916*). Ref. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin“, № 4, 257—258, *1916*.

23) Marshall, P. Duststorms in New Zealand. „Nature“, **68**, 223, *1903*.

24) Meinardus, W. Ueber einige bemerkenswerte Staubfälle der letzten Zeit. „Wetter“, **20**, 265—278, *1903*.

25) Redway, I. Wind-blown deposits in lhe United States. „Geogr. Journ.“, сент., 279—280, *1916*.

26) Sauer, A., Siegert, T. Ueber Ablagerung rezenten Lösses durch den Wind. „Ztschr. d. geol. Ges.“, **40**, 575—582, *1888*.

27) Sudry, L. Sur l'importance et le rôle des poussières éoliennes. „CR Ac. Sc.“ **154**, 397—399, *1912*.

28) Thorpe, T. Red rain and the dust storm of February 22. „Nature“, **68**, 222—223, *1903*.

29) Thoulet, I. Analyse d'une poussière éolienne de Monaco etc. Ann. Inst. Océanogr. Monaco, III, 1, 2, 1—8.

30) Weisse, I. Nachricht über einen Stäubfall 1834 im Guv. Irkutsk. Mél. biol. Ac. Sc. S. Pét. I, 275—281, *1851*.

31) Winchell, A., Miller, E. 1) The dustfall of march 9, *1917*. „Amer. Journ. Sc.“, **46**, 599—609, *1918*. 2) The great dustfall of march 19, *1920*. Там же, 349—364, *1922*.

IV. Лёсс

1) Армашевский, П. Я. Общая геологическая карта России. Лист 46 (Полтава—Харьков—Обоянь). „Труды Геол. Ком.“, XV, № 1, *1903* (содержит изложение пролювиальной гипотезы образования лёсса).

2) Берг, Л. 1) О происхождении лёсса. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, в. 8, 579—648, *1916*. 2) О почвенной теории образования лёсса. „Изв. Геогр. Инст.“, в. 6, 73—92, *1926*. 3) Проблема лёсса „Природа“, № 6, *1927*.

3) Богданович, К. К вопросу о лёссе. По поводу статьи Л. Берга „О происхождении лёсса“. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, 202—213, *1917*.

4) Вислоух, И. Лёсс, его значение и происхождение. (Разбор главнейших существующих гипотез.) „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 2, 49—78, *1915*. (Замечания Иванова, Воейкова, Обручева и Таганцева, там же, в. 4, 256—270).

5) Докучаев, В. К вопросу о происхождении русского лёсса. „Вест. Естествозн.", № 2—3, 112—117, *1892* и „Тр. СПБ. О-ва Ест.", 22, в. 2, стр. II - IV.

6) Драницын, Д. Заметка о северо-африканском лёссе. „Землев.", кн. 3, 127—135, *1914*. (Замечания Обручева, там же, кн. 4, 130—136.)

7) Жирмунский, А. 1) К вопросу о происхождении Туркестанского лёсса. „Бюлл. Моск. О-ва Ис. Прир.", Н. С. III, в. 3—4, *1925*. 2) Послетретичные образования в южной части Смоленской губ. „Изв. Ак. Наук", 333—350, *1925*. (Комплексная теория образования лёсса.)

8) Захаров, С. А. О лёссовидных отложениях Закавказья. „Почвоведение", 37—80, *1910*.

9) Криштафович, Н. О генетических типах лёсса. „Зап. Мин. О-ва", 40, в. 2, 98—100, *1903*.

10) Крокос, В. 1) Лёсс и ископаемые почвы юго-запада Украины. Харьков, *1924*. 6 стр. 2) Материалы к характеристике грунтов Одесской и Екатеринославской губ. Одесса, *1924*, 17 стр. 3) Краткий очерк четвертичных отложений Украины, Бюлл. Моск. О-ва Исп. Пр., Н. С., 34, 214—260, *1926*.

11) Мирчинк, Г. Послетретичные отложения Черниговской губ. и их отношение к аналогичным отложениям Европ. России. Мем. Геол. Отд. Общ. Люб. Ест., Антр. и Эгн., в. 4, Москва, *1925* (список литературы, обзор прежних данных).

12) Неуструев, С. 1) К вопросу об исследовании Туркестанского лёсса. „Геол. Вестн.", I, № 3, 140—147, *1915*. 2) Почвенные гипотезы лёссообразования. „Природа", № 1—3, *1925*.

13) Обручев, В. К вопросу о происхождении лёсса. (В защите эоловой гипотезы.) Изв. Томск. Техн. Инст. 33, *1911*, 38 стр. 2) Проблема лёсса. „Природа", № 2, *1929*. Сборник в честь П. Тутковского. Киев, *1930*.

14) Павлов, А. О туркестанском и европейском лёссе. Прот. засед. Моск. О-ва Исп. Прир., *1903*, 8 стр.

15) Преображенский, И. К вопросу о происхождении Туркестанского лёсса. „Почвоведение", № 1—2, *1914*.

16) Соболев, Д. Польско-Украинская периглациальная эоловая формация. „Изв. Укр. Отд. Геол. Ком.", в. 6, 51—78, *1925*.

17) Тутковский, П. 1) К вопросу о способе образования лёсса. „Землев.", кн. 1—2, 213—311, *1899* (критика старых гипотез, эоловая гипотеза, большой список литературы). 2) Юго-западная часть 16 листа карты Евр. России. „Изв. Геол. Ком.", 437—532, *1903*. 3) Об озерном и субаэральном лёссе ЮЗ части Луцкого уезда, Еж. Геол. и Мин. Р., II, в. 3—4, 51—63, *1896*.

18) Хойна, И. и Козырев, Д. Опыт химического исследования Одесского лёсса. Зап. Крымск. Горн. Кл., № 11—12, 28—49, *1896*.

19) Andersson, I. The loess Mem. Geol. Surv. China. Ser. A, № 3, p. 121—131. (Cenozoic of North-China), *1923*.

20) Goldberg, S. Chemische Untersuchung über den Löss von Münzenberg in der Wetterau. Diss. Auszug, Giessen, *1923* (сравнение анализов германского и китайского лёсса).

21) Hume. W. Notes on Russian geology. II. The loess. its distribution and charakter in South Russia. „Geol. Magaz.", № 342, 549—561, *1892*. III. The black earth. Там же, № 303—312, 349—357 и 361, *1894*.

22) Kanter, H. Der Löss in China. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, 34, 99—149, *1922*.

23) Merzbacher, G. Die Frage der Entstehung des Lösses. „Pet. Mitt.", № 1—3, *1913*.

24) Mohr, D. Lösstudien an der Wolga. S. Ber. d. Ak. Wiss. Wien, math. naturw. Kl. I, 129, H. 1. *1920*.

25) Münichsdorfer, F. Der Löss als Bodenbildner. „Geol. Rundsch.", XVII H. 5, 321—331, *1926*.

26) Rathjens, C. Löss in Tripolitanien. „Z. d. Ges. f. Erdk. Berlin", № 5—6, *1928*.

27) Richthofen, F. 1) China, I, Kap. 2-5, p. 52—189. Berlin, *1877*. 2) On the origin of the loess. „Geol. Magaz.", № 7, 293—305, *1882*. 3) Bemerkungen zur Lössbildung. Verh. geol. Reichsanst. 28)—296, *1878*.

28) Russel, I. C. Subaerial deposits of the arid region of North America. „Geol. Magaz.", 289—295 и 342—350, *1882*.

29) Schimek, C. Papers on the loess. Bull. Labor. Nat. Hist. *1904*. Iowa City. 84 стр.

30) Soergel, W. Lösse, Eiszeiten und paläolithische Kulturen. Eine Gliederung und Altersbestimmung der Lösse. Jena, *1919*, 177 стр.

31) Todd, I. 1) Degradation of the loess. Iowa. Ac. Sc. Proc. V, 46—51, *1898*. 2) More light in the origin of the Missouri-river loess. Там же, XIII, 187—194, *1906*.

32) Tutkowski, P. Das postglaziale Klima in Europa und Nordamerika, die postglazialen Wüsten und die Lössbildung. CR Congr. géol. intern. Stockholm, f. 1, 359—370, *1910*.

33) Werling, P. Chemische Untersuchungen über den Löss der Pampas-Formation Argentiniens. Diss., Freiburg, *1911*, 59 стр.

34) Witschell, L. Die Bedeutung äolischer Böden in Nordafrika. „Pet. Mitt.", H. 11—12, *1928*.

35) Толстихин, Н. И. К вопросу о минералогическом составе Ташкентского лёсса. Тр. Ср.-Аз. Гос. Унив., Серия, VIIa. Геология, вып. 1—12, 6 стр. Ташкент, *1928*.

36) Barbur, G. The loess of China. Ann. Rep. Smithson. Inst. 1926, pp. 279—296. Washington, *1927*.

См. также книгу Free, указанную в начале списка, стр. 122—140.

V. Сыпучие пески

1) Арнольд, Ф. Пески Черниговские. „Лесн. Журн.", в. 3, 418—426, *1888*.

2) Берг, Л. 1) Заметка о песках Большие Барсуки. „Почвоведение", IX, 19—25, *1907*. 2) Форма русских пустынь (см. II, № 4).

3) Быковский, А. Повреждения, причиняемые ветром железнодорожному полотну в песчаных участках Закаспийской ж. д. и способы устранения их. „Инж. Журн.", 907—916, *1898*.

4) Волков, Н. Укрепление песков в Черниговской губ. Земск. Сборн. Черниг. губ., № 6, 84—111; № 7, 65—88, *1901*.

5) Гаркема, В. Краткий очерк распространения песков в Астраханской губ. Пам. кн. Астр. губ. на 1896 г., 1—51.

6) Гельман, Х. Наблюдения над движением летучих песков в Хивинском ханстве. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 27, № 5, 284—415, *1891*.

7) Деминский, И. 1) Отчет по осмотру сыпучих песков Харахусовского улуса. Справка о борьбе с сыпучими песками в Астраханской губ. с 1876 по 1898 г. Пам. кн. Астр. губ. на 1899 г., 16, прил. 1 и 2. 2) Сыпучие пески Эркетеневского улуса. Там же, на 1902 г., прил. 1—34.

8) Дубянский, В. 1) Генезис и эволюция песков Средней Азии. „Землев.", кн. 1, 77, *1910*. 2) Растительность русских песчаных пустынь (см. II, № 4). 3) Песчаная пустыня Ю.-В. Каракумы. Тр. по Прикл. Бот., Генет. и Селекц. XIX, в. 4, Л. *1928*.

9) Ивченко, А. 1) Подвижность дюн. Еж. Геол. и Мин. Р., 9, в. 9, 2 4—254. *1907*. 2) Слоистость в эоловых отложениях I, II и III Там же, 10, 18—29 и 12, 145—170. 3) К морфологии морей барханов. Там же, 12, 239—248. 4) Вторичные песчаные площади. Там же, 13, 76—87. 5) Через Кизыл-кум. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 71—93, *1916*.

10) Исполатов, Е. Пески Таврической губ. „Естеств. и Геогр.", № 9—10, *1902*, 10 стр. и „Тр. СПБ. Общ. Ест. Отд. Бот.", 33, 71—77.

11) Коншин, А. 1) Заметки о Каракумских песках. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 4, 315—331, *1883*. 2) Геологический и физико-географический очерк Закаспийского края, Тифлис, *1887*, 50 стр. 3) Предварительный отчет о результатах исследований в Туркменской низменности. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 4, 379—439, *1886*.

12) Костычев, П. 1) Алешковские пески. Ежег. СПБ. Лесн. Инст., II, 185—228, *1888*. 2) Состав Днепровских песков. „Вестник Винодел.", № 1, *1894* (в № 2 анализы песчаных почв Саломона).

13) Колесов, А. 1) Природа летучих песков. „Лесн. Журн.", **30**, 413—456, *1900*. 2) Природа летучих песков и их облесение. Харьков, *1900*, 131 стр.

14) Костяев, А. 1) Летучие пески Венгрии, их укрепление и облесение. „Лесн. Журн.", **29**, в. 1, 110—135; в. 2, 243—264, *1899*. 2) Укрепление и облесение летучих песков в Пруссии. „Лесн. Журн.", **28**, 624—646 и 802—821, *1898*. 3) Краткое наставление к укреплению и облесению летучих песков. Там же, **30**, 211—318, *1900*.

15) Коновал, И. Укрепление сыпучих песков. Очерк деятельности в Черниговском губ. земстве 1865—1902. Земск. Сборн. Черниг. губ., № 6—9, *1902*.

16) Лакин, Г. 1) Летучие пески в низовьях р. Волги. Зап. О-ва Сельск. Хоз. Юга Р.", Одесса, № 10, 16—30; 11, 10—24, *1899*. 2) Пески Нарынского лесничества. „Сельск. Хоз. и Лесов.", 163—181, *1899*.

17) Лессар, М. Пески Кара-Кумы. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 2, 113—145, *1884*.

18) Макаров, В. „Пески и их облесение в Воронежской губ. „Русск. Садов.", №№ 25, 27, 28, *1900*.

19) Малахов, М. Ферганские пески и их укрепление. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 2, 142—149, *1882*.

20) Марков, К. К. Древние материковые дюны Европы. „Природа", №№ 6 и 9, *1928*.

21) Миддендорф, А. Очерки Ферганской долины. Изд. Ак. Наук, СПБ, *1882*.

22) Мушкетов, И. 1) Туркестан, I, часть 2. СПБ, *1886*. 2) Геологические исследования в Калмыцкой степи. „Труды Геол. Ком.", XIV, № 1, СПБ, *1895*. 3) То же в Киргизской степи. Там же, XIV, № 5, СПБ, *1896*.

23) Материалы и инструкции для исследования сыпучих песков России. I, II, Почвообразовательные процессы в песках, Высоцкого и Неуструева. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **47**, в. 6, III, *1911*. Пески и связанные с ними проблемы, Яковлева. Там же, **51**, в. 1, 25 стр., *1915* (см. также № 25, 2).

24) Наливкин, В. Опыт исследования песков Ферганской обл. Нов. Маргелан, *1887*, 228 стр.

25) Неуструев, С. 1) О геологических и почвенных процессах на равнинах низовьев Сыр-Дарьи. „Почвоведение", № 2, 15—66, *1911*. 2) К вопросу о происхождении приаральских Каракумов и других бугристых песков Туркестана. „Изв. Р. Геогр. О ва", **48**, в. 6, 445—457, *1912*.

26) Никитин, С. О борьбе с летучими песками. „Изв. Геол. Ком.", прот. 78—81, *1899* (список важнейших сочинений о дюнах в Прикаспийском крае).

27) Об укреплении сыпучих песков в Воронежской губ. „Изв. Мин. Земл. и Гос. Им.", № 22, *1889*.

28) Обручев, В. 1) Пески и степи Закаспийской обл., „Изв. Р. Геогр. О-ва", **23**, в. 2, 174—189, *1887*. 2) Закаспийская низменность. „Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр.", XX, № 3, 270 стр., *1870*. 3) Кучевые пески, как особый тип песчаных скоплений. Сборн. 75-летия Д. Анучина, Москва, *1913*, 30 стр. 4) Сыпучие пески Селенгинской Даурии и т. д. „Тр. Троицк. Кяхт. Отд. Р. Геогр. О-ва". XV, в. 3, 53—68, *1914* 5) К вопросу о происхождении песчаных заносов в г. Семипалатинске и т. д. „Зап. Семип. Отд. Р. Геогр. О-ва", в. 9, 16 стр., *1915*. 6) Центр. Азия, Сев. Китай и Нань-Шань. Изд. Р. Геогр. О-ва, 2 тома, *1900—01*. 7) Геологический очерк песчаных образований Закаспийской низменности, „Горн. Журн.", № 1, 140—159, *1890*, и II, 434—39, *1891*.

29) Палецкий, В. 1) Пески внутренней Киргизской орды, причины их образования и меры закрепления. „Лесн. Журн.", № 1, 83—105, *1894*. 2) Укрепление песков Средне-Азиатской ж. д. Там же, № 1, *1901*.

30) Писчиков, Н. Материалы для характеристики средне-азиатских песчаны пространств в Кызыл-Кумском районе Сыр-Дарьинской обл. Ташкент, *1905*, 98 стр.

31) Полынов, Б. Пески Донской обл., их почвы и ландшафт. „Почвоведение" № 1—2, *1924* и *1925*. 2) Формы рельефа песчаных ландшафтов". Изв. Ак. Н., № 6—7, *1928*

32) Потанин, Г. 1) Очерки С.-З. Монголии, в. 1 и 3, *1881* и *1883*. 2) Тангутско-Тибетская окраина Китая и Центр. Монголия, т. I. *1893* (пески Ордоса, стр. 86—101). 3) Поездка в среднюю часть Б. Хингана. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **36**, в. 5, 355—483, *1901* (пески восточной Монголии).

33) Пржевальский, Н. 1) Монголия и страна тангутов, т. I, СПБ, *1875*. 2) От Кульджи за Тянь-шань и на Лоб-нор, СПБ, *1878*. 3) Третье путешествие. СПБ, *1883*. 4) Четвертое путешествие, СПБ, *1888*. Изд. Р. Геогр. О-ва (в разных главах этих сочинений описания песков Центральной Азии).

34) Раунер, С. 1) Дюны, их укрепление и облесение. „Лесн. Журн.", *1884*. 2) Укрепление и облесение песков в Зап. Европе „Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр.", **18**, № 3, 22 стр., *1888*.

35) Ретгерс, М. О минеральном и химическом составе песков Нидерландских дюн. „Ж. Р. Ф.-Х. О.", **25**, в. 5, 110—112, *1893*.

36) Свиягин. Подвижные пески на Закаспийской ж. д. „Журн. Мин. Пут. Сообщ.", № 2—3, 295—311, *1890*.

37) Седельников, А. Кызыл-кумские пески (на р. Иртыше). „Зап. Семипал. Отд. Р. Геогр. О-ва", в. **14**, 1—36, *1923*.

38) Скворцов, Ю. А. Почвенно-географический очерк долины р. Аму-Дарьи. Изв. Инст. Почв. и Бот. Ср.-Аз. Гос. Ун., в. 4. Ташкент, *1928*.

39) Соколов, Н. Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение. СПБ, *1884*, 286 стр.

40) Спиридонов, М. 1) Физико-географическое описание Ю.-В. части песков Кызыл-кум. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **54**, в. 1, 101—120, *1918*. 2) Характеристика естественно-исторических образований Ю.-В. части Кызыл-кум. Там же, **56**, в. 2, 145—174, *1924*.

41) Труды Сел.-Хоз. Хим. Лаборатории в СПБ, в. 5, *1907*; в. 7, *1909* и др. (анализы песков).

42) Успенский. Отчет по исследованию песков при ст. Британцы. Земск. Сборн. Черниг. губ. № 8, 56—77, *1898*.

43) Ферганские пески и их укрепление. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **13**, в. 2, 142—149, *1882*.

44) Фок, А. Количество сыпучих песков в Европ. России. „Лесн. Журн.", № 5, 743—750, *1893*.

46) Фролов, А. Сооружение Астраханской линии в летучих барханных песках. СПБ, *1909*, изд. о-ва Ряз.-Ур. ж д.

46) Чумаков, С. О работах по укреплению оврагов и песков в Спасском у., Казанск. губ. „Лесн. Журн.", **30**, 106—111, 201—221, *1900*.

47) Чухновский, Г. Песчаное царство. Алешковские летучие пески Днепровского у., Таврич. губ. „Сельск. Хоз. и Лесов.", № 10, 79—94.

См. также описание путешествий Грум-Гржимайло, Козлова, Певцова, Позднеева, Пясецкого, Роборовского, Гедина, Лочи, Штейна и др. по Центральной Азии.

48) Baschin, O. 1) Dünenstudien. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", № 6, 422—430, *1903*. 2) Die Entstehung wellenähnlicher Oberflächenformen. Там же, 408—424, *1899*.

49) Beadnell, H. The sand-dunes of the Libyan desert. „Geogr. Journ.", № 4, 379—395, *1910*.

50) Braun, G. Entwickelungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandküsten und ihren Dünen. Berlin, *1911*, 174 стр.

51) Buchanan, A. Sahara. London, *1926*.

52) Cholnoky, E. Die Bewegungsgesetze des Flugsandes. Földt. Közl., **32**, H. 1—4, 106—143, Budapest, *1902*.

53) Cornish, V. 1) On the formation of sand dunes. „Geogr. Journ.", 278—309, *1897*. 2) On Kumatology. Там же, 624–628, *1908*. 3) On desert sand dunes bordering the Nile delta. Там же, № 1, 1—32, *1900*. 4) On the observation of desert sand dunes. Там же, 400—402, *1908*. 5) Waves of sand and snow etc. Там же, *1915* и London, *1914*.

54) Cressy, G. B. The Indiana sand dunes and shore lines of the Lake Michigan basin. Chicago, *1928*.

55) Exner, F. 1) Zur Physik des Dünen. S. Ber. Ak. Wiss. Wien, 129, mathnat. Kl., H. 9—10, 929–952, *1920*. 2) Über den Druck von Sandhügeln. Там же, 133, H. 7—8, 295—305, *1924*.

56) Gerhardt, P. Handbuch des deutschen Dünenbaues. Berlin, *1900*. 656 стр. (основное руководство по укреплению дюн).

57) Carey, E., Oliver, F. Tidal lands. A study of shore problems. London, *1918* (главы V и VI об укреплении дюн Англии).

58) Solger, Graebner, Thienemann и др. Dünenbuch. Stuttgart, *1910*, 404 стр. (также в особенности укрепление дюн).

59) Girard, I. L'evolution comparèe des sables. Paris. *1903*, 124 стр. (лучшее французское сочинение).

60) Hahmann, P. Die Bildung von Sanddünen bei gleichmässiger Strömung-Inaug. Diss. Leipzig, *1912*, 44 стр. (экспериментальные исследования).

61) Harding, K. The nature and formation of sand ripples and dunes „Geogr. Journ.", № 3, 189—209. *1916*.

62) Högbom, A. Ancient inland dunes of northern and middle Europe. Geogr. Annaler, Stockholm, V, 113—243, *1923*.

63) King, H. Study of a dune belt. „Geogr. Journ.", № 1, 16—33; № 4, 250—258 (discussion), *1918*.

64) Lencewicz, S. Les dunes continentales de la Pologne. Inst. de geogr. de l'Univ. de Varsovie, 12—58, *1922*.

65) Russell, W. L. A fossil desert in western South Dakota. „Amer. Journ. of Sc.", February, *1928*.

66) Sabban, P. Die Dünen der südwestlichen Heide Mecklenburgs und über die mineralogische Zusammensetzung diluvialer und alluvialer Sande. Mitt. Meckl. Geol. L. anst. VIII, Rostock, 52 стр., *1897*.

67) Scherzer, W. Criteria for the recognition of the various types of sand grains. „Bull. Geol. Soc. Amer.", 21, № 6, 625—662, *1910*.

68) Searle, A. Sands and crushed rocks. I. Nature, properties and treatment. II. Uses in industry, 2 тома, Oxford, *1923*.

69) Sokolow. Dia Dünen. Bildung, Entwickelung und innerer Bau. Deutsch von Arzruni. Berlin, *1894*, 298 стр. (сравнительно с русским изданием № 39 значительно дополнено).

70) Solger, F. 1) Studien über nordostdeutsche Inlanddünen. Forsch. z. d. Land- und Volksk., 19, 1, *1910*. Stuttgart, 89 стр. 2) Beobachtungen über Flugsandbildungen. „Ztschr. d. geol. Ges.", 72, Mon-Ber. 6—7, 168—180, *1920* (пески Закаспия и Китая).

71) Sven Hedin. 1) Die geographisch-wissenschaftlichen Ergebnisse meiner Reisen in Zentralasien 1894—97. Erg. Heft № 131 zu „Pet. Mitt.", Gotha, *1900* (пески Таримского бассейна). 2) Scientific results of a journey in Central Asia, 1899—1902. Stockholm, *1904*, 6 томов (особенно томы I и II).

72) Stein Aurel. 1) Ruins of desert Cathay. London, *1912*, 2 тома. 2) Serindia. Detailed report of explorations in Central Asia and westernmost China. Oxford. *1921*, 4 тома. 3) Innermost Asia. Oxford. *1928*, 4 тома.

73) Trikalinos, I. Windrippeln. „Pet. Mitt.", H. 9—10, *1928*.

ГЛАВА XV

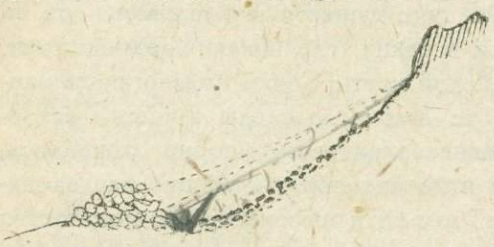
НАБЛЮДЕНИЯ НАД ЛЕДНИКАМИ, СЛЕДАМИ ОЛЕДЕНЕНИЯ И ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТОЙ

С результатами геологической деятельности льда геологу приходится встречаться во время полевой работы более или менее часто не только в местностях, где и теперь еще существуют ледники, как на Кавказе, в Алтае и Тянь-шане, но и в таких, где никаких ледников нет. Большая северная половина европейской части Союза подвергалась оледенению сравнительно недавно и те или иные следы такового встречаются повсюду; в Сибири, где древнее оледенение упорно отрицалось, а некоторыми учеными отрицается и до сих пор, новейшие исследования обнаружили его признаки не только в высокогорных местностях почти повсюду, но и на равнинах и плоских возвышенностях севера. Даже в Туркестане, несмотря на его южное положение, древнее оледенение было значительно больше современного. Каждый исследователь должен помнить это, знать признаки и результаты прежнего оледенения и уметь наблюдать их. Долгое ненахождение этих признаков в Сибири и отрицание оледенения последней главным образом объясняется тем, что многие геологи, работавшие в ее пределах, совсем не обращали внимания на эти признаки или старались объяснить их деятельностью других геологических агентов, хотя уже более 60 лет тому назад Кропоткин впервые обнаружил следы оледенения в районе Ленских приисков и правильно истолковал их в то время, когда в Европе многие приписывали их еще деятельности плавающих льдов.

Гораздо реже геологу приходится работать в районах современного оледенения и поэтому для него не так важно знать методы исследования существующих ледников. Наблюдения над преобразованием снега в лед, образованием полосчатости льда, трещин, над температурой и мощностью ледников, движением их требуют и специального снаряжения, и продолжительного времени, и соответствующей подготовки. Поэтому мы совершенно не будем касаться этих вопросов; интересующиеся ими найдут необходимые указания в специальной весьма богатой литературе. Мы ограничимся такими вопросами, на которые геолог может и должен дать ответ, даже не имея специального снаряжения и подготовки. Вкратце придется коснуться также деятельности лавин, а в конце главы более подробно вопроса о вечной мерзлоте, с которой геологу при работе в Восточной Сибири придется иметь дело.

Щебневые валы. Снег, скопляющийся на безлесных крутых склонах гор, облегчает скатывание щебня и мелких обломков, отделенных выветриванием от вышерасположенных утесов и гребней; он сглаживает неровности склона, а поверхность его, уплотненная оттепелью или давлением ветра, становится скользкой. Поэтому у подножия крутых склонов, над которыми высятся скалы различных сланцев, порфиров и дру-

гих пород, распадающихся на щебень и мелкие обломки, нередко можно встретить целые валы, иногда в несколько метров высоты, сложенные из такого материала, скатившегося по склону зимой и весной (фиг. 51); они тянутся параллельно склону, напоминая береговые морены исчезнувшего ледника, но отличаются от последних как своим материалом, исключительно местным, так и его более или менее однообразной величиной, свежестью и тем, что валы прекращаются как только наверху исчезают скалы, питающие эти накопления. Над валами склон обыкновенно представляет осыпи того же материала, образующиеся в бесснежное время года. Подобные валы могут быть и ископаемые, т. е. больше не подновляемые и даже более или менее задернованные, заросшие, напр., в том случае, когда они образовывались по окончании оледенения данной местности до тех пор, пока лес не захватил площади, освобожденные ледником, так как если крутой склон покрыт кустами или лесом, последние задерживают скатывающиеся по снегу обломки и препятствуют накоплению валов у подножия. Такие ископаемые валы можно принять за заросшие боковые или береговые морены и решить вопрос придется раскопкой и изучением их материала по сравнению с таковым тех скал, которые находятся вверх по склону. В иных случаях может оказаться, что и эти скалы уже исчезли—сглажены выветриванием или заросли. Если ископаемые валы будут встречены в местности, где следов оледенения нет, а склоны покрыты кустами или лесом, они могут служить доказательством изменения климата, так как образовывались тогда, когда этой растительности еще не было и склоны были покрыты только травой; климат был суровее в связи с ледниковой эпохой или благодаря прежнему более высокому положению местности. Наблюдения над ископаемыми валами до сих пор в наших горах не производились.



Фиг. 51.

Лавины. В высокогорной местности, богатой осадками в холодное время года, снег может накопляться значительными массами, в особенности на подветренной стороне склонов. При крутизне склонов эти снеговые надувы время от времени, благодаря силе тяжести, срываются и сползают или слетают вниз в виде лавин, которые делят на зимние и весенние; первые возникают зимой, если поверхность ранее выпавшего снега благодаря оттепели или давлению ветра уплотнится и станет скользкой или если сам склон представляет гладкие скаты в виде плоскостей напластования или отдельности горных пород. Большие снеговые надувы могут удержаться на таких наклонных поверхностях только до поры до времени и часто легкое сотрясение воздуха в виде порыва ветра, выстрела, даже громкого крика достаточно, чтобы вызвать лавину. Весенние лавины возникают весной на склонах, согреваемых солн-

цем, благодаря просачиванию воды, образующейся от таяния снега, которая смачивает поверхность склона или нижние обледеневшие и уплотненные слои снега и делает их скользкими; они падают обыкновенно в часы после полудня.

В определенных местах склонов лавины образуются регулярно и по несколько раз в течение зимы, так что пути их падения известны местным жителям; но кроме того бывают лавины случайные, после особенно обильного выпадения снега или только в многоснежные зимы.

Лавины на своем пути ломают и вырывают лес и кусты, захватывают щебень и обломки горных пород, а в области отложения засыпают дороги, дно долин, даже селения (случайные лавины, так как у подножия склона, дающего периодические лавины, никто не селится). На дне узких долин они образуют завалы, которые летом превращаются в снеговые мосты, а иногда, при достаточной величине, обусловливают образование временного озера.

Дороги защищают от лавин деревянными или каменными перекрытиями (галлереями) на угрожаемом участке, т. е. на пути лавины. Но наиболее целесообразно предупредить образование лавин; для этого нужно террасировать склон, на котором накапливается снег, земляными работами или возведением каменных стенок вдоль склона на небольшом расстоянии друг от друга. Если место зарождения лавин находится ниже пределов лесной растительности, то террасы могут быть заменены низкими плетнями или даже рядами кольев, забиваемых в землю достаточно глубоко, так как одновременно производится посадка кустов и деревьев, которые явятся постоянной защитой. Но если место находится выше предела леса, то при его террасировании нужно считаться с процессами выветривания и размыва в течение долгого времени, т. е. террасы должны быть прочные.

С явлениями лавин геолог может встретиться на Кавказе, Алтае Тянь-шане, в разных частях Саяна, в Верхоянском и других хребтах Сибири, собрать данные о распространении этого явления, причиняемом им вреде и, в случае надобности, предложить меры защиты, для чего должны быть исследованы места зарождения лавин и пути их падения.

Изучение современных ледников. Не обладая специальным снаряжением и специальной подготовкой, геолог при работах в районах современного оледенения всетаки может произвести ряд наблюдений и дать ответ на основные вопросы, касающиеся ледников. Но так как при этом придется ходить по леднику, то для успеха работы необходимы некоторые приспособления:

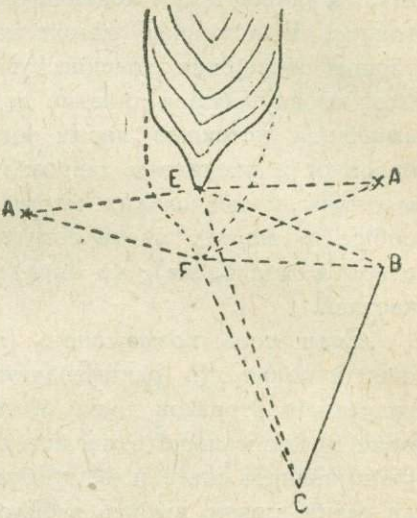
1) Подбитые гвоздями с пирамидальной головкой сапоги или ботинки или же, что проще, особые подковы с острыми шипами, которые привязываются ремнями к подошве сапога или ботинка. 2) Альпийская палка с киркой для вырубания ступеней при более крутых уклонах льда или в крайнем случае палка в 1,75 м длиной с острым железным наконечником и отдельно топорик для вырубания ступеней. 3) Очки темные с боковой сеткой или очки из желто-зеленого стекла Эйфос. 4) Веревка

прочная в 1 см диаметром, по 7—10 м на каждого участника; она завязывается прочным узлом вокруг пояса, соединяя всех участников друг с другом на случай падения одного из них в трещину и должна быть постоянно в полунатянутом состоянии, а не волочиться по льду. По обнаженному льду можно ходить без веревки, но если лед прикрыт снегом веревка обязагельна, так как трещины часто скрыты. 5) Шерстяная рубашка или фуфайка (светтер), шляпа с широкими полями или фуражка с большим козырьком для защиты от солнца. Если предполагается ночевка в районе вечных снегов, то необходимо взять с собой одеяла, запас дров, провизию и чайник, а если есть—то и легкую палатку. При продолжительной ходьбе по льду развивается сильная жажда, а пить сырую ледниковую воду нельзя—содержащаяся в ней тонкая муть вызывает острое расстройство желудка; поэтому нужно иметь с собой бутылку с холодным чаем или жидким кофе и запас леденцов или монпансье для утоления жажды.

Задачи по изучению ледника состоят в следующем: 1) Маршрутная съемка всего ледника и фирнового бассейна, если это еще не сделано топографами. 2) Описание ледника и фирнового бассейна с характеристикой склонов, их геологического состава, поверхности ледника и его морен: срединных, боковых и береговых (их числа, размеров и состава), затем продольных и поперечных трещин, форм таяния льда и фирна [1]). При этом выяснится, является ли ледник мульдовым (каровым), висячим или долинным, из скольких ветвей слагается; начинаются ли ветви в отдельных фирновых бассейнах или на фирновом поле, питающем несколько ледников и расположенном на широком гребне хребта; какие из ветвей дают поверхностные морены. 3) Абсолютная высота нижнего края фирнового бассейна или начала ледяного потока (языка), соответствующая высоте снеговой линии, и абсолютная высота конца ледника. 4) Признаки прежнего более высокого уровня льда в виде курчавых скал, полированных и изборожденных утесов, бараньих лбов и террас выпахивания на склонах выше поверхности ледника; высота этих признаков. 5) Характер конца ледника: оканчивается ли ледник стеной льда или же лед, заваленный вытаявшим каменным материалом и слившимися поверхностными моренами спускается круто к конечной морене; выход речки из ледника—из грота, трещины или из под морен; характер и размеры конечной морены; на какое расстояние от конца ледника тянутся ее нагромождения; являются ли они на всем протяжении свежими или начинают покрываться растительностью и какой (лишаи, мхи, травы, кусты, деревья); оканчивается ли ледник выше или ниже предела леса; на какое расстояние по долине ниже конца современных морен тянутся свежие флювио-гляциальные отложения; их состав. 6) Признаки наступания, отступания или стационарного состо-

[1]) В тропических и субтропических местностях снеговые поля на высоких горах под лучами высоко стоящего солнца распадаются на косые пирамиды до 2 м и более вышины (Büsserschnee, Zackenfirn); интересно констатировать это явление, хотя бы и в более слабой степени на Кавказе и в Тянь-шане (II, № 4, 5, 11).

яния ледника; при наступании конечная морена не велика и состоит частью из материала поверхностных и внутренних морен, частью из материала, отложенного ледником раньше, а теперь передвигаемого напором льда, в особенности если ледник мощный и наступание медленное; выпахиваемый материал образует беспорядочный вал вдоль всего фронта и у самого конца льда. При отступании обнажается поддонная морена, а поверх нее нагромождается материал поверхностных и внутренних морен в виде продольных (по долине, поперечных к фронту льда) валов. При стационарном состоянии нагромождение материала у конца льда особенно значительно и вместо валов видны обыкновенно конические кучи, поднимающиеся нередко до поверхности льда или, если на конце ледника поверхностные морены слились в общий покров, то образуется вал вдоль всего фронта, охватывающий и бока; конечная морена сливается с береговыми.



Фиг. 52.

A, *A* — точки на склонах; *BC* — базис; *F* и *E* — конец ледника (отступающего).

Быстрота отступания или наступания может быть определена только при повторном, в течение двух лет по крайней мере, посещении конца ледника; для этого на обоих склонах долины приблизительно против конца ледника на скалах или крупных глыбах делают метки масляной краской, с которых берут азимуты на самый конец языка или грот ледника и делают промеры до него; в виду того, что у конца ледника местность почти всегда очень неровная, заваленная мореной, промер лучше делать рулеткой по воздуху, пренебрегая мелкими неровностями почвы. Точки, линии промера и очертания конца ледника с записями азимутов и расстояний нужно нанести на план в записной книжке (фиг. 52). Повторение той же операции при вторичном посещении ледника покажет изменение его конца за истекшее время. Если есть признаки наступания ледника, то точки с метками нужно выбрать на несколько сажен выше уровня льда, чтобы они не могли быть скрыты последним при его нарастании. Точки против конца ледника можно заменить базисом, выбранным ниже конца на ровной площадке; азимуты берут с концов базиса, обозначенных, напр., кучами камня с меткой, базис и расстояние до языка промеряют и включают в план. Промеры, обыкновенно неточные из-за неровностей, являются дополнением к азимутам (засечкам), взятым с неподвижных точек на склонах или на конце базиса.

Быстрота движения ледника также может быть определена при

повторных посещениях. Для этого выбирают на обоих склонах над поверхностью ледника две неподвижные точки друг против друга (на скалах или крупных глыбах), обозначают их масляной краской и прокладывают по льду поперечную между ними линию из угловатых камней средней величины, взятых из материала морен или осыпей склонов Средний размер лучше потому, что мелкие могут скрыться под свежим снегом, а крупные обусловят образование более высоких ледниковых столов, при подтаивании ножки которых свалятся в ту или другую сторону и нарушат линию; угловатые лучше круглых потому, что не скатятся, а сползут при подтаивании стола, т. е. сместятся на меньшее расстояние. Выложенные камни также нужно пометить краской. При повторном посещении отыскивают помеченные камни и снимают от тех же точек изогнувшуюся вниз по леднику линию их; перемещение отдельных камней за истекшее время покажет быстроту движения разных частей поверхности ледника в данном месте (фиг. 53). Если такие линии были выложены в нескольких местах ледника (конечно не на ледопадах или вообще в местах очень богатых трещинами, где камни рискуют свалиться в последние), то определится быстрота его движения в разных участках.

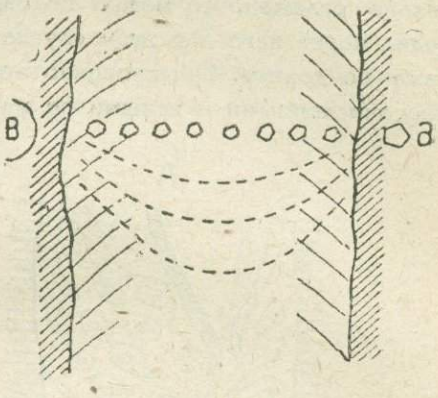
Если есть возможность (в виду близости жилого пункта) добыть доски и колья, то рекомендуют вместо камней прокладывать линии из квадратных отрезков доски, в которые вставлены колья, длиной в 0,5 м. Такие метки меньше сдвигаются при таянии льда, лучше заметны даже при выпавшем снеге и не требуют краски; неподвижную метку на скале или глыбе можно выбить зубилом.

Для того, чтобы метками и линиями, нанесенными одним наблюдателем мог воспользоваться другой, посетивший ледник позже, советуют все метки одного лица, делать краской одного цвета и на неподвижных точках писать свои буквы, год, месяц и число, а на метках у конца ледника также азимуты, взятые на язык. Следующий посетитель ледника делает метки другого цвета и также пишет свои буквы, год, месяц, число и азимуты, взятые на язык. Таким образом, может быть организован ряд однообразных наблюдений разными лицами в течение ряда лет (см. список III, № 33).

В местах с слабым оледенением можно встретить только висячие и каровые ледники; последние не выходят за пределы своего фирнового бассейна, занимающего кар на гребне хребта, или выходят очень мало. Если кар лежит над очень крутым склоном или висячий ледник доходит до начала последнего, то убыль льда может происходить посредством обвала глыб, которые скопляются у подножия склона, смерзаются здесь и образуют, так называемый, возрожденный ледник, обыкновенно, очень маленький. Наконец, оледенение может ограничиться только снеговыми полями, остающимися в местах наибольшего накопления снега на верхней части склонов или в глубоких рытвинах в верховьях долин или на гребне и исчезающими только в наиболее теплое лето или после малоснежной зимы; это тип периодических фирнов, не дающих начала лед-

никам. Все подобные явления слабого оледенения должны быть отмечены наблюдателем с определением абсолютной высоты их нижней границы. Наиболее надежное время для констатирования периодических фирнов—вторая половина августа, так как если значительное поле снега не стаяло к этому времени, то оно не успеет уже исчезнуть до выпадения постоянного снега наступающей осени. Присутствие периодических фирнов показывает, что высота гор данной местности очень близка к абсолютной высоте линии постоянного снега современного периода. Расспросы у туземцев помогут определить периодичность явления.

Интересно также определять абсолютную высоту верхней границы леса (и не только в горах с современным оледенением) на разных склонах и наблюдать, не замечается ли ее понижение в виде пояса засохших и погибших старых деревьев, что указывает на ухудшение климата и замечено, напр., на северном склоне хр. Холзун на Алтае.



Фиг. 53.

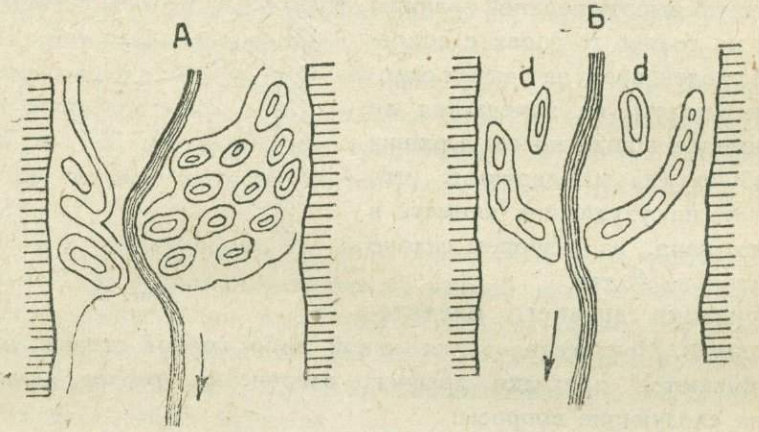
Признаки древнего оледенения в горах. При исследовании какой либо горной страны, в которой обнаруживаются признаки древнего оледенения, геолог должен дать ответ на следующие вопросы:

1) Каков был характер оледенения? Существовали ли покровные (щитообразные) или долинные ледники или же оледенение ограничилось развитием каровых и висячих ледников? 2) До какой наименьшей абсолютной высоты спускались ледники? 3) Высота снеговой линии? 4) Было ли одно или несколько последовательных оледенений? 5) Как отразилось оледенение на рельефе местности и на развитии гидрографической сети?

Для ответа на эти вопросы геолог должен наблюдать признаки оледенения, которые выражаются в рельефе местности и в развитии ледниковых отложений.

Прежде всего обращает на себя внимание рельеф местности. Проезжая по горной долине, нельзя не заметить, что на дне ее или на поверхности террас местами расположены отдельные холмики или целые группы их (фиг. 54 *А*) или валообразные возвышения (фиг. 54 *Б*), обыкновенно как бы перегораживающие долину по одну или обе стороны современного потока и обращенные выпуклостью вниз и вогнутостью вверх по долине; нередко, особенно в верховьях долин, позади такого вала или группы холмов располагается озерко или ровная площадка, являющаяся дном исчезнувшего озерка. Группы холмов характерны тем, что среди них повсюду имеются небольшие замкнутые котловины, нередко заболоченные. Это типичный моренный ландшафт, остатки конеч-

ных морен ледника. При первой же встрече с такими формами нужно записать показание барометра и отметить на карте их положение. Реже встречаются продольные относительно долины валообразные возвышения на нижней части склонов, представляющие остатки боковых или береговых морен, а если они расположены на самом дне долины— то остатки друмлинов, продольных поддонных морен; в последнем случае они примыкают к верхней (вогнутой) стороне группы холмов или вала конечной морены (*d* на фиг. 54 *Б*). Если моренный ландшафт сильно сглажен, то можно подозревать, что наступавший ледник переходил через него и в этом случае более типичные формы нужно искать ниже по долине. Обыкновенно эти конечные морены становятся более многочисленными и ясными по мере движения вверх по долине, особен-

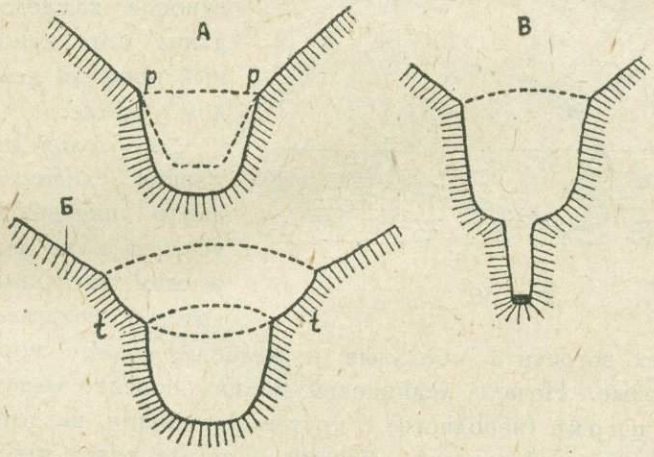


Фиг. 54.

но в горах, обладающих современными ледниками (Кавказ, Алтай, Тянь-шань). При каждой встрече с ними нужно записывать показание барометра и отмечать на карте их положение; их нужно проследить до верховий долины, где в устье каров и прежнего фирнового бассейна окажутся последние наиболее поздние остатки конечных морен последней стадии исчезавшего оледенения.

Затем обращают на себя внимание поперечный профиль долины, подвергавшейся вытачивающей работе ледника; вместо острой или притупленной буквы V он имеет форму латинского *U*, крылья которого на некоторой высоте обоих склонов становятся менее крутыми (фиг. 55 *А*); этот излом верхнего края корытообразного дна долины *p* называется плечом корыта и выше его уже нет обработанных и изборожденных ледником скал и формы обусловлены выветриванием и размывом. Эти агенты, конечно, уже в большей или меньшей степени замаскировали и форму корыта: осыпи со склонов, конусы выноса из боковых логов и ущелий сглаживают нижнюю часть, но в большинстве случаев она еще достаточно заметна. Более сильны изменения этой формы, если ледник проходил по долине дважды или если река после его отступания сильно врезалась. В первом случае в дно более старого

широкого корыта может быть врезано позднейшее более узкое и остаток дна старого образует уступ, называемый террасой выпахивания (*t* на фиг. 55 *Б*); на ней можно найти полировку и борозды на скалах и остатки более древних поддонных или боковых морен. Во втором случае в дно корыта врезано современное ущелье реки (фиг. 55 *В*); последняя форма может сочетаться с предыдущей. По числу вставленных одно в другое корыт можно с большой вероятностью судить о числе оледенений. Но так как верхнее, самое древнее, корыто обыкновенно уже сильно пострадало от процессов выветривания и размыва, то для его констатирования нужны тщательные наблюдения, чтобы не принять перелом склона, обусловленный другими причинами, за террасу выпахивания. В поперечном профиле корыто иногда становится несим-

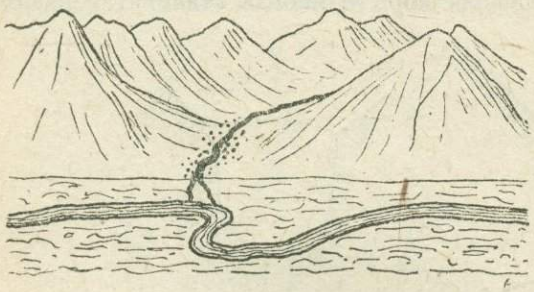


Фиг. 55.

метричным, один склон крутой и скалистый, а другой—более пологий, часто заваленный ледниковыми наносами. Это наблюдается вблизи устьев боковых долин, более или менее перпендикулярных к главной, и объясняется тем, что под напором бокового ледника лед главного оттеснялся к противоположному склону и подтачивал его особенно сильно. Такая диссиметрия профиля отмечена недавно Павловским в бассейне оз. Ничатка и в долинах рч. Эмалык и оз. Орон в Средне-Витимской горной стране.

Висячие боковые долины—также характерная форма в горах, подвергавшихся оледенению, обусловленная переуглублением дна главной долины, в которой работал более мощный ледник; дно таких боковых долин расположено на более или менее значительной высоте над дном главной долины и вытекающий из него ручей низвергается водопадом с уступа или течет каскадами по крутому конусу выноса, который успел уже создать (фиг. 56). Такие долины должны быть отмечены и относительная высота их дна над дном главной долины определена барометрически. В дно висячей долины уже может быть врезано ущелье, промытое рекой (как фиг. 55 *В*).

Продольный профиль долин, подвергавшихся оледенению, обыкновенно представляет чередование участков с более крутым и с более пологим уклоном, с чем обыкновенно связаны съужения и расширения долины; это явление объясняют различно (см. список VI, № 35) и желательны новые наблюдения для выяснения вопроса. Участки с пологим уклоном внизу нередко ограничены порогом коренных пород (ригелем), перегораживающим всю долину или часть ее; в этом месте долина заметно съуживается и ниже следует крутой участок. Необходимо наблюдать из каких горных пород сложены ригель, пологие и крутые участки; где расположены конечные морены в этих участках; не соответствуют ли крутые устьям боковых долин; какова абсолютная высота начала и конца каждого участка и длина его; каков поперечный профиль долины в каждом участке.



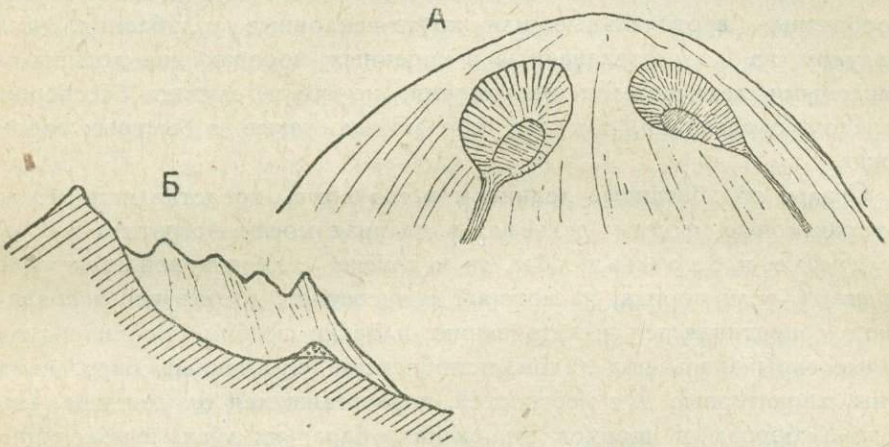
Фиг. 56.

Верховья долин, содержавших ледники, обыкновенно начинаются крутым уступом в том месте, где сливаются начальные ветви, из которых слагался ледник; здесь можно встретить обильные и наиболее свежие морены конечные и боковые. Начало ледниковой долины нередко имеет характерную форму цирка (неполного) с крутыми склонами, на которых гряды скал чередуются с большими осыпями, а на дне лежат многочисленные морены, иногда также озеро или несколько озерков.

Кары играют весьма важную роль в ледниковом ландшафте; это нишеобразные вырезки, полуцирки на склонах горных гребней или отдельных гор с крутыми склонами, особенно задним, обращенным к гребню, и пологим чашеобразным дном (фиг. 57 *А*—вид, *Б*—продольный разрез, также фиг. 94); они располагаются рядами вдоль склона, отделяясь друг от друга острыми скалистыми гребнями, или же порознь. В областях современного оледенения кары являются фирновыми бассейнами ледников; с их крутых склонов снег постепенно сползает на дно уступами, похожими на ступенчатые сбросы, или скатывается лавинами, захватывая каменный материал; энергичное механическое выветривание в связи с сползанием снега постепенно создает и потом поддерживает крутизну склонов. Кары развиваются в пределах постоянного снега и редко спускаются немного ниже снеговой линии. Поэтому последнюю можно определить в областях древнего оледенения по абсолютной высоте нижнего конца старых каров. Склоны таковых, конечно, уже несколько сглажены накопившимися осыпями, могут быть покрыты растительностью, даже лесом. Но дно сохраняет еще свой плосковогнутый характер, нередко содержит озерко, а в устье и ниже последнего представляет остатки конечных морен последнего времени оледенения,

ограничившегося каровыми ледниками. Иногда кары располагаются на склоне один над другим, подобно уступам, связанным руслом горного потока, образуя лестницу кадров. Циркообразное верховье нормальной речной долины при оледенении местности также может быть преобразовано в кар (фиг. 100).

Некоторые исследователи доказывают, что снег и лед только преобразуют, но не создают кары; последние представляют доледниковые формы рельефа и являются молодыми верховьями горных потоков, врезанными в вершины гор и в высшую часть горных гребней при понижении базиса эрозии; при неоднократном понижении этого базиса образуется лестница каров. В других случаях, при горизонтальном или



Фиг. 57.

пологом залегании пластов и подстилании твердых пород более мягкими, кары создаются над выходами ключей из последних, представляя первоначально ниши отступающей эрозии, преобразованные позже снегом и льдом в кары. Поэтому по расположению старых каров нельзя судить о положении снеговой линии в ледниковые эпохи, так как кары в первоначальной форме верховий долин или ключевых ниш могли быть созданы как выше этой линии, так и ниже ее; в последнем случае преобразование ниш в кары обусловлено снегом, заполнявшим их большую часть года и морозным выветриваньем стенок по краям снегового скопления (см. список V, №№ 5а, 6а).

В виду этих соображений желательны новые наблюдения над современными и древними карами на разных высотах и в разных породах. Но судить о прежней высоте снеговой линии по старым карам всетаки возможно, принимая во внимание устья каров, расположенных наиболее низко; хотя кары имеются в областях современного оледенения и выше снеговой линии, но много ниже ее преобразование ключевых ниш в кары маловероятно и кроме того требует определенных условий залегания и состава горных пород. Следовательно абсолютная высота устья нижних каров должна дать хотя бы приблизительное понятие о высоте

снеговой линии, а выяснение состава и условий залегания горных пород, в которые врезаны нижние кары позволит уточнить результат выделением тех каров, которые могли быть созданы ниже снеговой линии.

Висячие ледники, ограничивающиеся горными склонами, оставляют после себя короткие крутые долины выпахивания, в их устье иногда сохраняются еще остатки вала конечной морены.

Котловины выпахиванья на дне долин, подвергавшихся оледенению, встречаются редко; они могут служить ложем озер; исследование берегов озера ледникового генезиса покажет, заполняет ли оно такую котловину или является плотинным, обусловленным конечной мореной.

Исполиновые котлы—неправильно-цилиндрические или карманообразные, вертикальные или круто-наклонные углубления, часто с валуном на дне, создаваемые в коренных породах дна долины так называемыми ледниковыми мельницами, не могут служить бесспорным признаком оледенения, так как образуются также в быстрых горных потоках.

Скалы, обработанные ледником в его ложе, представляют мелкие, но характерные формы рельефа; в долинах можно встретить курчавые скалы и бараньи лбы, те и другие с ледниковой полировкой и шрамами, если порода, из которой они состоят, достаточно твердая и хорошо сопротивляется выветриванию; плоские гребни и вершины гор, которые скрывались под льдом, приобретают сглаженные, округленные формы, характерные для местностей, подвергавшихся оледенению. Простирание борозд и шрамов на скалах, бараньих лбах, куполовидных вершинах следует измерять компасом, так как оно показывает направление движения ледника. Они всего лучше сохраняются на мелкозернистых породах—кварцитах, песчаниках, известняках, порфирах и т. п. В случае развития в данной долине грубозернистых гранитов, легко расщепляющихся сланцев, мягких песчаников шрамы и полировка отсутствуют.

Контрасты рельефа также могут служить доказательством бывшего оледенения. Все поверхности, которые были покрыты льдом и фирном, являются округленными, сглаженными, а все, возвышавшиеся над ними, представляют формы, обусловленные механическим выветриванием—острые гребни водоразделов и отрогов, скалистые вершины. Достаточно взглянуть на снимок современного альпийского ледника, чтобы бросился в глаза контраст между плавными формами снеговой и ледяной поверхности и резкими формами склонов и гребней над ней. При очень мощном оледенении, скрывавшем под собой и второстепенные водоразделы, сглаженность форм распространится и на последние, а если оледенению подверглись горы значительной древности с сглаженными, изношенными формами, округленными широкими гребнями, то контраст форм не может возникнуть и в связи с оледенением, так как все гребни были покрыты полями фирна, защищавшими их от механического выветривания; на более крутых склонах могли развиваться

только кары. Подобные примеры представляют нам некоторые горы Сибири, как части Саяна, Кузнецкий Алатау, Олекминско-Витимская горная страна, где указанные контрасты за редкими исключениями отсутствуют. На Алтае же такие контрасты видны в разных местах, так как эта горная страна перед оледенением не обладала еще изношенными формами в своей высшей центральной части.

Эпигенетические долины или участки долин свойственны горам, подвергавшимся оледенению, так как мощные ледниковые отложения, оставленные на дне долин, нередко заставляли послеледниковый поток врезываться ущельем в коренные породы того или другого склона, оставляя в стороне выработанное до оледенения широкое русло. Примеры эпигенетических участков нередки в Альпах, а для бассейна р. Бодайбо описаны уже в главе XII, где указано и практическое значение их при решении вопроса о залегании доледниковых золотоносных россыпей. В бассейне р. Вачи того же района Ленских приисков предполагают даже полное изменение гидрографической сети в связи с оледенением. На Алтае мною отмечены два случая эпигенетических участков долин на р.р. Коксу и Чуе, но детальные геологические исследования наверно обнаружат еще несколько таковых. Возможность подобных участков в горах, подвергавшихся оледенению, геолог не должен упускать из вида и обращать особенное внимание на ущелистые отрезки речной долины и их ближайшую окрестность. В последнее время эпигенетические участки обнаружены Павловским в Средне-Витимской горной стране в районе оз. Ничатка.

Явление аналогичное эпигенетическим долинам, но созданное не после, а во время оледенения, обнаружил недавно С. Обручев в Якутии, в хребтах Верхоянском и Черском. Здесь на склонах речных долин местами на некотором протяжении встречаются узкие долинки, параллельные главной и врезанные в коренные породы. Они созданы рекой, вытесненной из главной долины ледником на склон, а после исчезновения ледника разрезаны боковыми притоками на отдельные мертвые или орошенные участки (VI, № 57). Подобные же висячие мертвые отрезки, параллельные главной долине, найдены Павловским на склоне оз. Ничатка и ее притока рч. Эльгер в Средне-Витимской горной стране, а мною в одном случае в долине р. Аргут в Центр. Алтае (см. список VI, № 22—1).

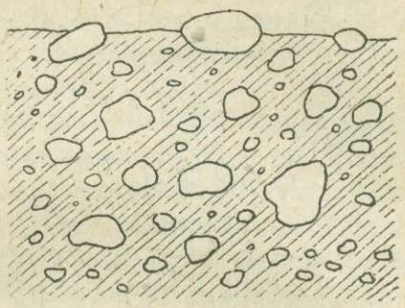
Отложения, оставленные ледником, весьма характерны и дополняют доказательства оледенения, представляемые формами рельефа, а нередко имеют еще большее значение, чем последние. Совокупность рыхлых отложений ледника называется ледниковым комплексом; он состоит, как известно, из морен, переходного конуса более грубого материала и зандровой площади. Но этот комплекс мы могли бы наблюдать в типичном виде только в том случае, если бы ледник, существовавший долго на одном и том же месте, внезапно и сразу исчез; его наступания и отступания обусловливают перекрытие одних членов комлекса другими, а процессы выветривания и размыва, действовавшие

после исчезновения льда, производят более или менее сильные изменения этих рыхлых отложений. Поэтому необходимо очень внимательное изучение их, чтобы выяснить все детали оледенения.

Поверхностные морены, как перемещаемые (средние и боковые), так и отложенные (береговые) состоят, главным образом, из угловатого материала—продуктов выветривания склонов долины, упавших на лед, с преобладанием более грубого; в некотором количестве к ним примешивается в нижней части языка округленный материал внутренней морены, вытаявший из льда. При сокращении ледника боковые морены превращаются в береговые. Следовательно, в продольных валах на склонах и на дне долины, представляющих остатки береговых и боковых морен исчезнувшего ледника мы найдем преимущественно угловатый материал, в большей или меньшей степени измененный выветриванием в элювий; острые углы и ребра щебня и глыб, конечно, будут уже сглажены, промежутки более или менее заполнены мелкими продуктами выветривания, с поверхности валы будут покрыты почвой и растительностью, но их расположение вдоль долины и состав обнаружат наблюдателю их происхождение. В конечных моренах грубый и угловатый материал поверхностных морен смешивается с материалом внутренней морены, более мелким и частью округленным, и перекрывает материал поддонной морены, оставляемый отступающими ледниками и выносимый также подледниковым потоком. Полный разрез конечной морены поэтому покажет вверху преобладание грубого и угловатого материала, внизу преобладание мелкого (суглинка, супеска) с включенными в него щебнем, глыбами и валунами, на которых в большем или меньшем изобилии видна полировка и шрамы, и неправильными прослоями и чечевицами песчано-галечного наноса, отложенного подледниковой водой в разное время. В зависимости от господствующих в бассейне бывшего ледника коренных пород мелкий материал поддонной морены то менее вязкий супесчаный, то более вязкий суглинистый или глинистый, то иловатый различных оттенков буро-желтого и серого цвета. Вообще характерными признаками морен являются: 1) несортированность материала по величине и уд. весу; 2) отсутствие ясно выраженной слоистости; 3) угловатость большинства валунов и 4) нахождение на них полировки и шрамов (фиг. 58).

Ниже конца ледника образуются так называемые флювиогляциальные отложения. Ручей, вытекающий из под льда, прорывает конечную морену и уносит часть ее материала вместе с тем, который он захватил под ледником. Отложения, создаваемые им в 5—10 км от конца ледника, отличаются от нормальных речных только присутствием полированных и изборожденных валунов; чем ближе к концу ледника, тем последних больше и кроме того все больше и больше слабо окатанного материала. На Ленских приисках флювиогляциальные отложения междуледниковой эпохи представляют кроме песков и галечников различной крупности зерна также толщи тонкого ледникового ила, ясно-слоистого с отдельной угловатой галькой и валунами, полированными и

изборожденными. В зависимости от сильно колеблющегося количества воды, обусловленного различной интенсивностью таяния льда по временам года, часам суток и состоянию погоды, отложения ледниковых потоков представляют чередование более или менее правильных слоев валунов, гальки, гравия, песка и ила. Наступания и отступания ледника нарушают строгую разграниченность его отложений; при наступании морены перекрывают флювио-глациальные отложения, при отступании поток перемывает и пересортировывает старый моренный материал, присоединяя к нему свежий, приносимый сверху, и флювио-глациальные отложения перекрывают морены. Так создаются отложения смешанного типа.

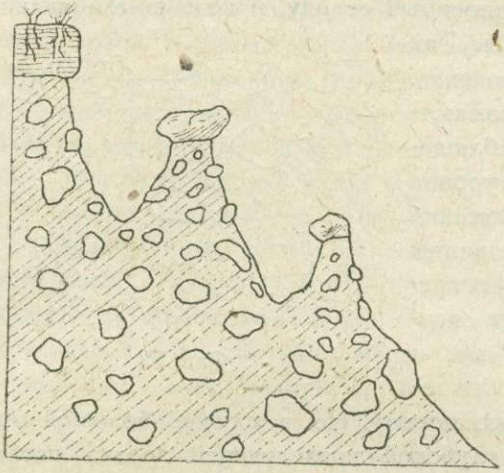


Фиг. 58.

Валообразные морены отражаются на рельефе долины и наблюдатель может изучать их выше уровня ее дна; флювиоглациальные отложения на рельефе не отражаются; они видны в обнажениях террас и берегов современного русла, если последнее врезалось в ледниковые наносы, где и нужно изучать их. В тех же обнажениях можно увидеть и поддонную морену. Но в случае большой мощности ледникового покрова и глубокой последующей эрозии остатки поддонной морены можно видеть в обнажениях даже высоко на склоне, напр., в нескольких местах долины р. Аргута в Алтае (см. список VI, № 22). Наблюдатель должен исследовать мощность, состав, перемежаемость, распределение всех этих ледниковых образований и брать характерные образчики их.

Эрратические валуны, т. е. отторженцы скал, занесенные ледником далеко от места первоначального залегания, являются одним из признаков былого оледенения. Доказательными в этом смысле можно считать только валуны такой величины, которые данный поток не в состоянии перенести и которые по своему составу отличаются от выступающих по соседству коренных пород, т. е. не могут представлять глыбу, скатившуюся со склона. Особенно интересны эрратические валуны, лежащие высоко на склоне долины или даже на гребне современного водораздела, так как они показывают в первом случае минимальную мощность былого ледника, во втором—переход его через водораздел из другой соседней долины. Встречая в современной долине на склоне или водоразделе, бросающийся в глаза по своей величине и отличающийся по составу валун или глыбу нужно выяснить, можно ли его признать эрратическим и отметить абсолютную высоту его залегания. На иных валунах можно обнаружить ледниковую полировку и шрамы. Эрратические валуны нередко попадаются в составе морен. Образчики пород валунов необходимо собирать для сравнения с коренными породами, выступающими в бассейне бывшего ледника и выяснения площади оледенения.

Земляные пирамиды также составляют характерный признак былого оледенения и бросаются в глаза даже неопытному наблюдателю. Они создаются эрозией на откосах террас или берегов современного потока, сложенных из моренного или флювиоглациального материала, благодаря крупным валунам, входящим в его состав и до поры до времени защищающим пирамиду от уничтожения (фиг. 59). В виду большей вязкости материала морен земляные пирамиды на откосах последних долговечнее, чем таковые из флювиоглациальных отложений.



Фиг. 59.

В заключение необходимо отметить, что при решении вопроса о наличности древнего оледенения нужно соблюдать осторожность, так как почти каждый из вышеперечисленных признаков может быть создан или имитирован другими геологическими агентами. Валообразные холмы на склоне или у его подножья могут представлять щебневые валы, описанные выше. Комплекс мелких холмов, почти перегораживающих долину, может представлять старый силевый вынос из бокового ущелья или старый крупный обвал. Мореноподобный нанос также может быть создан обвалом, силем или грязевым потоком. Валун, кажущийся эрратическим, мог быть принесен речным льдом или скатиться со склона, где небольшой выход подобной породы, напр., жила изверженной породы среди господствующих осадочных, закрыт процессами выветривания и не заметен сразу; он может также представлять уцелевший остаток размытого силевого выноса. Полировка и шрамы на валунах могут быть созданы речным льдом, грязевым потоком, отдельные шрамы также при движении силя или даже человеком (оси и ободья телег, подковы лошадей, удары кайлы). Земляные пирамиды иногда образуются и из более вязких речных, озерных и морских грубых отложений. Корытообразный профиль долины иногда обусловлен, напр., в породах легко выветривающихся, обильными осыпями со склонов, маскирующими притупленное V речной долины. Куполовидные вершины и округленные гребни представляют обыкновенные формы рельефа гор средней высоты, достигших уже стадии зрелости или старости. Кароподобные ниши могут быть обусловлены толщей более легко выветривающихся, размываемых или растворимых пород (известняки, гипс).

Висячая боковая долина может быть создана при усиленной эрозии главной долины в зависимости от большей мягкости горных пород или большой мощности протекающей по ней реки; углубление боковой

долины может быть задержано развитием в ней наледей, лавин, обвалов. На крутых берегах озер и морей образование висячих долин может быть обусловлено сильным и недавним понижением уровня первых и поднятием суши у вторых (напр., на о. Сахалине есть висячие долины последнего генезиса).

Поэтому на основании одного или даже двух-трех отдельных признаков нельзя еще говорить о былом оледенении. Только целый ряд признаков, сочетающихся закономерно друг с другом и тщательно проверенных, позволяет утверждать, что мы имеем дело с прежним оледенением данной горной страны или части ее и подтвердить это рядом убедительных фактов, доказывающих не только существование ледников но и их размеры, распространение и характер.

Признаки древнего оледенения на равнинах. Во время ледникового периода значительная часть равнин европейской части Союза, а по новым данным и севера Сибири, была покрыта льдом так называемого материкового типа, оставившего также достаточно ясные и характерные признаки своего пребывания в виде форм рельефа и своеобразных отложений, которые геолог должен уметь различать.

Формы рельефа, обусловленные материковым оледенением, менее распространены, чем в горных странах, так как сплошной и мощный лед не мог создавать на равнине ни корыто-образных долин, ни куполовидных вершин, курчавых скал и не мог оставлять боковых и береговых морен. Только на окраине покрова могли накопляться конечные морены из материала поддонных и внутренних морен. При продолжительных остановках во время отступания льда эти накопления были достаточно значительны, чтобы отразиться на рельефе. Поэтому местами можно наблюдать типичный м о р е н н ы й л а н д ш а ф т, представляющий многочисленные холмо- и валообразные возвышения с промежуточными впадинами, занятыми нередко озерами, болотами, торфяниками; часто конечные морены ограничиваются отдельными холмами, расположенными грядами, местами сменяющимися ровными пространствами, сплошь усеянными валунами (поля валунов). В европейской части Союза полосы моренного ландшафта приурочены к Алаунской возвышенности, состоящей из отдельных моренных гряд ВСВ простирания; западная из них, наиболее резко выраженная—Валдайская, а юго-восточная Смоленско-Московская, протягивающаяся от Минской до Вологодской губ.; в промежутках есть второстепенные. Между ними располагаются полосы озер и моренных равнин, занятых болотами или болотистыми лесами в виду водонепроницаемости поддонной глинистой морены, слагающей их почву, тогда как в холмистых пространствах почва суглинистая, более сухая. Среди моренного ландшафта выделяются более высокие валы конечных морен, то прямолинейные, то изогнутые. В Сибири моренный ландшафт в виде валов конечных морен известен вдоль подножья Сев. Урала и доходит на В до р. Оби; к С от среднего течения последней недавно обнаружен моренный ландшафт в полосе, протягивающейся с ЗСЗ на

ВЮВ от верховий р. Пяку-Петл (левый приток р. Пур) до верховий р. Вах (см. список VI, № 4 и № 32).

Озы—длинные, часто узкие, валообразные гребни, похожие на железнодорожную насыпь, или вытянутые друг за другом длинные холмы, обыкновенно окаймленные канавообразными углублениями с торфяниками в Олонецком крае их называют сельгами. Они вытянуты по направлению движения ледника и сложены из слоистого и округленного материала—песка, гравия, гальки и валунов. В Финляндии большинство озов так или иначе связано с поясом больших конечных морен Сальпаусселькe; здесь, а также в Эстонии, Олонецком крае, Ленинградской губ. формы их более разнообразны; встречаются узкие и широкие, двойные и параллельные валы, плато и платообразные валы, поля котловин и т. д. С озами тесно связаны к а м ы, состоящие из того же материала, но представляющие отдельные купола и конусы, и поля валунов, вытянутые длинными полосами. Р а м з а й считает, что платообразные озы и краевые плато отложены ледниковыми потоками в море или озерах, окаймлявших край отступающего ледника, и поэтому ими можно пользоваться для определения положения этого края. Озы русской платформы и Германии, отлагавшиеся не в море, а на суше, представляют отложения подледниковых потоков, судя по их составу и строению (см. список VI, №№ 40, 43, 45, 52, 53, 58, 62 и VII № 30).

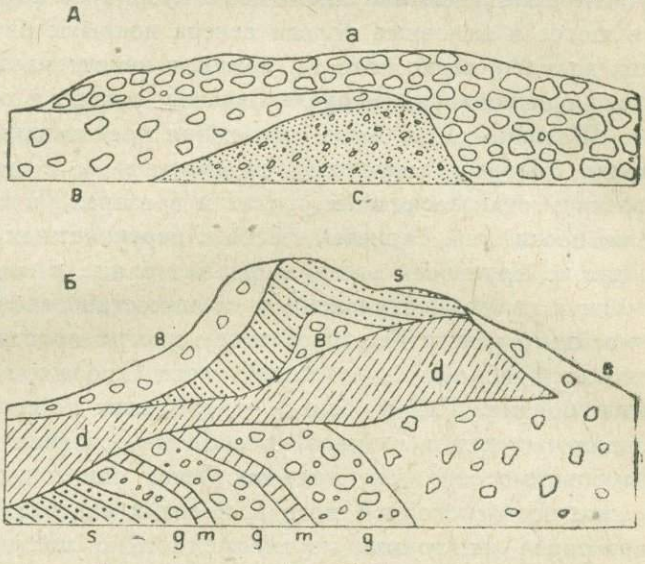
Моренные равнины выделяются своей болотистостью и узкими, неглубокими руслами рек; они распространены в верховьях Днепра и Волги.

Друмлины—эллиптические холмы, вытянутые по направлению движения льда, всегда примыкают к конечным моренам, т. е. входят в состав моренного ландшафта; известны в Псковской, Ленинградской, Новгородской губ.

В Сибири формы рельефа, обусловленные материковым ледниковым покровом почти совершенно не изучены и не описаны. Кроме вышеуказанных местностей бассейна р. Оби распространение их можно предполагать в разных местах северной полосы от Урала до Берингова пролива; недавно они найдены в низовьях р. Алдана у южного подножия хребта Верхоянского, а также на Таймырском полуострове и в Колымском бассейне.

Отложения, оставленные ледниковым покровом, также достаточно характерны и представляют образования конечных и поддонных морен, друмлинов, оз, эрратические валуны и зандровые (флювиоглациальные) площади. В конечных моренах различают типы насыпной (фиг. 60 *А*) и напора (фиг. 60 *Б*); первый образуется при спокойном отложении материала поверхностных, внутренних и поддонных морен во время стационарного положения конца ледника, второй при подвижках ледника, сминающего накопившиеся перед ним отложения, почему в нем иногда преобладает материал флювиоглациальных наносов. Отдельные холмы часто целиком состоят из нагромождений валунов. Толщи валунной глины (суглинка, мергеля), входящие в состав конечных морен обоих типов и покры-

вающие значительные площади к северу от них, представляют поддонную морену ледника в виде неслоистой известковистой глины с большим или меньшим количеством валунов и галек, в свежем состоянии голубовато-серой, при выветривании буровато-красной или желтой, вязкой в влажном и твердой в сухом состоянии. Галька и валуны то слабо, то сильно округлены и нередко имеют полированные или изборожденные поверхности; валуны иногда достигают размеров в несколько куб. метров. Они распределены в глине в беспорядке, иногда особенно обильно в нижних слоях. В глине иногда заметна тонкополосчатая отдельность (от давления льда?) и встречаются прослои или линзы слоистого песка, гравия, гальки, валунов—отложения подледниковых потоков. В европейской части Союза валуны состоят из различных изверженных и метаморфических пород Финляндии и Скандинавии, на Большеземельской тундре и в моренах восточного подножия Урала — из горных пород Полярного Урала, к северу от средней Оби—из кварцевых пород и сибирского траппа. При выветривании валунная глина более или менее освобождается от извести, переходя в суглинок или супесок.



Фиг. 60.

a — нагромождение валунов; *b* — верхняя валунная глина; *c* — песок и хрящ; *d* — задернсвано; *m* — нижняя валунная глина; *g* — нижняя галька и валуны; *s* — нижний песок и хрящ.

Ледниковый покров при своем движении иногда захватывал в свою нижнюю морену материал из подстилающих горных пород, как коренных, так и ранее отложенных ледниковых; последние мы видим в моренах напора; первые обусловливают местные фации поддонной морены, наблюдаемые главным образом, при переходе ледника через препятствия в виде возвышений коренных пород. Обломки и целые глыбы последних, выпаханные льдом, примешиваются к материалу морены, образуя в ней включения и целые прослои или клинья; толщи пластичных глин иногда образуют под мореной крутые, даже опрокинутые и надвинутые друг на друга складки. Крупные глыбы коренных пород иногда наблюдаются в опрокинутом положении.

Друмлины сложены из валунной глины, часто покрывающей ядро из флювио-глациальных отложений. Озы состоят из галечника и песка

или из одного галечника или одного песка, часто обладают диагональной слоистостью; изборожденные валуны встречаются редко. Эрратические валуны, усеивающие то в большем, то меньшем количестве и разнообразной величине поверхность равнин, бывших под ледником, представляют характерную особенность северной половины европейской части Союза и часто составляют единственный материал для мостовых, шоссировки, балласта и построек; улицы всех городов севера вымощены эрратическими валунами и только в последние годы в столицах начали вводить гранитные или диабазовые кубики из коренных месторождений; все шоссе и железные дороги севера покрыты битым щебнем эрратических валунов, запас которых кажется неисчерпаемым. Из размываемых морен они попадают в русла оврагов, ручьев и рек.

Флювио-глациальные отложения представляют пески и глины, материал которых заимствовался стекавшими с ледника водами из его морен и отлагался в их руслах и в озерах, в которые эти воды впадали; пески ясно слоисты, часто с перекрестным наслоением, не однородны по крупности зерна, содержат ближе к конечным моренам много гальки и валунов, с удалением от них становятся более чистыми и мелкими; они слагают песчаную почву многих пространств северо-западной и средней полосы европейской части Союза и характеризуются сосновыми борами. Глины более однообразны по составу, обыкновенно не содержат гальки и валунов, в свежем состоянии известковисты, серого, голубовато-серого или желтого цвета; они тонкослоисты, указывая на отложение в спокойной воде временных разливов или постоянных озер; характерна их тонкая перемежаемость с мелкопесчаными прослоями, обусловленная колебаниями в количестве и скорости течения воды в разные времена года. По таким слоям в южной Швеции подсчитывали число лет, понадобившихся для отступания ледника. Эти глины называют „ленточными". У нас подобные наблюдения только что начаты в Северо-западной области по поручению Четвертичной Комиссии Академии Наук К. К. Марковым и И. И. Красновым. С статьями первого полезно познакомиться (VI, № 17; в первой статье указана и иностранная литература по этому вопросу).

Голые площади свежих морен, накоплявшихся у окраины ледника, в особенности же огромные пространства флювио-глациальных отложений, окаймлявшие их с юга, по которым блуждали русла потоков, постоянно меняя свое место, разливаясь летом и сокращаясь зимой, что препятствовало быстрому развитию растительности, давали обильный материал для переработки ветром, который уносил более мелкие частицы на юг, где отлагал его на степях в виде лёсса; оставшийся песок формировал барханы, позже заросшие; в разных местах уже обнаружены эти „ископаемые" песчаные пустыни ледникового периода (см. список VI, № 31—3) с характерной холмистостью, перекрестной слоистостью и шлифованными песком трехгранниками. В виду колебаний ледника в течение нескольких эпох оледенения пояса развевания, ледникового и эолового отложения перемещались с севера на юг и обратно, чем

и обусловлено перекрытие флювио-глациальных отложений и даже лёсса моренами и обратно—морен лёссом и флювио-глациальными отложениями, что в связи с процессами размыва между- и послеледникового очень усложняет картину четвертичных отложений равнин, подвергавшихся оледенению, разъяснение которой во всех деталях требует очень детальных и тщательных наблюдений. Известное значение для сложности ледниковых отложений и их влияния на современный рельеф имели еще так называемые мертвые ледники—ледяные массы, отделявшиеся при отступании ледника и, перекрытые наносами, таявшие очень медленно (см. ниже).

Геолог, изучающий четвертичные отложения таких равнин, должен обратить внимание на формы рельефа—конечные морены, друмлины, озы, моренные равнины, поля валунов, песчаные заросшие холмы,—выяснить их распространение, занимаемые ими площади, формы, ориентировку, отношение к современным речным долинам, одновременно изучая их состав и строение по естественным и искусственным обнажениям, прибегая к бурению щупом или к небольшим раскопкам в тех местах, где обнажений нет или недостаточно. Собираемые образчики всех этих отложений дополнят записи и позволят производить при обработке материала химические, механические и минералогические анализы.

Границы бывшего оледенения как в горных странах, так и на равнинах определяются по расположению самых далеких конечных морен, которые должны быть точно нанесены на карту с определением абсолютной высоты их залегания. Последняя в горах может колебаться в довольно значительных пределах, так как длина языка ледника зависит от площади фирнового бассейна, который его питал и от абсолютной высоты последнего; обширный бассейн с многочисленными притоками, расположенный на значительной высоте питает длинный ледник, который оканчивается поэтому на меньшей абсолютной высоте, чем короткий ледник, выходивший из небольшого бассейна; обширный бассейн, расположенный более низко, напр., в передовых цепях горной страны, дает начало леднику меньшей величины, который может оканчиваться и выше и ниже, чем соседний ледник центрального бассейна. Поэтому в горах нельзя ограничиться определением абсолютной высоты конечных морен в одной долине, а следует производить его во всех посещенных долинах и повторять вверх по долине при каждой встрече с конечными моренами.

Если оледенение горной страны очень значительное, то выползающие из нее ледники могут выдвигаться более или менее далеко, расплываясь веерообразно по конусу выноса каждой из долин, причем языки соседних долин могут даже сливаться. Этот тип, называемый *ледниками подножия*, в настоящее время известен в Аляске (ледник Маляспина), в Южном Чили, Гренландии, Шпицбергене, но в ледниковый период был представлен также ледниками Альп, северного Урала и, наверно, некоторых гор Сибири, напр., хр. Верхоянского. Конечные морены эпохи максимального оледенения у этого типа есте-

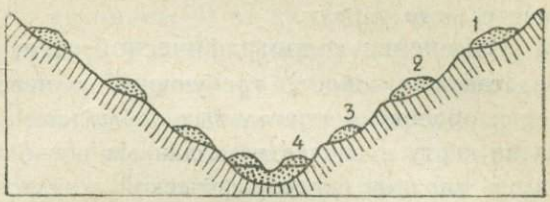
ственно будут расположены не в пределах горной долины, а вне горной страны, на конусах выноса или еще дальше вдоль подножия хребта, что и нужно иметь в виду при исследованиях. Напр., на Алтае Бийский и Катунский ледники, по данным Гранэ и Кузьмина, выходили за пределы гор.

Граница области, покрытой постоянным снегом, т. е. снеговая линия, определяется, как уже упомянуто, абсолютной высотой устья кар, а в современных областях оледенения также непосредственно абсолютной высотой нижнего края снеговых полей во второй половине августа после ряда ясных дней, когда не выпадал свежий снег. Для районов прежнего оледенения в горах можно пользоваться только карами и определять их абсолютную высоту в возможно большем числе пунктов и на обоих склонах хребта для получения наиболее точных результатов.

Характер оледенения в горной стране выясняется после изучения всех следов, оставленных ледниками в виде форм рельефа и отложений. Оледенение могло ограничиться каровыми и висячими ледниками, или же ледниками долинными, или иметь покровный характер, причем последний мог быть представлен или только ледниками подножия, сливавшимися друг с другом, или уже в пределах горной страны, где мощные долинные ледники поднимались выше второстепенных водоразделов, перекрывая их и сливаясь друг с другом; нечто подобное можно предполагать в Олекминско-Витимской горной стране и, может быть, на Алтае и в Саяне. Если горы были плоские, с широкими водоразделами, переходящими в целые плато, то оледенение их центральной части могло иметь покровный характер, как в настоящее время в малом масштабе в Норвегии и в крупном в Гренландии, на Шпицбергене, земле Франца-Иосифа; в ледниковый период этот тип был представлен в полярном Урале и, вероятно, в разных местах северной Сибири—на Таймырском полуострове, в хр. Сыверма к северу от Нижней Тунгузки, в Анабарском массиве, на полуостровах Св. Нос и Чукотском, в Колымско-Анадырском хребте. Все эти местности в отношении прежнего оледенения почти или совершенно не исследованы.

Множественность оледенений в данной местности представляет наиболее трудный вопрос, который требует особенно тщательных и многочисленных наблюдений. Ряды конечных морен, расположенных один выше другого в горных долинах или один севернее другого на равнине могут быть обусловлены одним и тем же ледником, отступание которого прерывалось продолжительными остановками, но также и разновременными ледниками. В первом случае мы должны говорить об однократном, во втором о многократном оледенении. В первом случае морены должны становиться тем свежее, чем выше мы подвигаемся по долине или к северу, во втором мы должны встретить морены разной свежести и сохранности, так как если более поздний ледник переходил через морены предшествующей эпохи оледенения он должен был их более или менее сильно сгладить и переработать. Если нижние по долине или южные морены резко отличаются по свежести и сохранности от более высоких

или северных—можно предположить, что первые принадлежат последней эпохе более сильного оледенения. Но если в горной долине морены лежат на разных уровнях, на террасах (фиг. 61), то каждая из них в данном поперечном профиле соответствует отдельной эпохе оледенения и морены самого верхнего уровня являются наиболее древними, а самого низкого—наиболее юными, но при условии, что отложения на террасах представляют действительно морены или флювио глациальные отложения; так как последние нередко трудно отличить от нормальных речных отложений, то решение вопроса требует тщательных наблюдений и большой осторожности, чтобы не принять террасы размыва за террасы выпахивания. Для решения вопроса о числе оледенений наибольшее количество данных получается при изучении ледниковых отложений, в которых можно видеть перекрытие одних морен другими, толщи промежуточных междуледниковых флювио-глациальных отложений, пластов торфа, лёсса с погребенной почвой. Напр., в Олекминско-Витимской горной стране благодаря глубоким разрезам, созданным при добыче золотоносных песков открытыми работами в прежнее время, местами были хорошо видны две толщи поддонных морен, верхняя менее, нижняя более мощная, разделенные значительной в 10—20 м и более толщей галечников, песков и илов; это подтверждают журналы шахт и буровых скважин позднейшего времени. Поэтому с достаточным основанием можно говорить о двукратном оледенении, разделенном эпохой сильного отступания ледников, во время которой морены первого оледенения были перекрыты флювио глациальными отложениями. На Алтае предполагали три эпохи оледенения, причем вторая была максимальная и поэтому следы, оставленные первой, очень неясны (см. список VI, № 5).



Фиг. 61.

Новые исследования Кузьмина (см. список VI, № 13) сделали весьма вероятным четырехкратное оледенение Алтая, аналогичное и одновременное с ледниковыми эпохами, установленными для Зап. Европы. К такому же выводу пришел Горностаев относительно оледенения Джунгарского Алатау (см. Изв. Зап.-Сиб. Отд. Геол. Ком. IX, в. *1*, Томск, *1929*). В Верхоянском хребте Григорьев предполагает троекратное оледенение (VI, № 6); обширные размеры последнего в этом хребте и хр. Черского недавно обнаружил С. Обручев (VI, № 57) в Якутии; в хр. Черского, несмотря на высоты до 3.000 м под широтой 65—67°, теперь ледники очень небольшие вследствие сухости климата.

Толща лёсса, залегающая между двумя толщами валунных глин, свидетельствует о таком перерыве между двумя временами нахождения ледника в данной местности, который никак нельзя приписать колебанию одного и того же ледника, а придется признать междуледниковой эпо-

хой. В Большеземельской тундре, где принималось двукратное оледенение по двум горизонтам валунных глин, верхний из них, по новым данным, оказался морским отложением с фауной, а ледниковые валуны в его составе—принесенными плавающими льдами, которые доставлялись ледниками Урала, спускавшимися в море, затопившее тундру после первой эпохи оледенения (см. список VI, № 14).

Геологу, работающему на равнинах европейской части Союза, необходимо познакомиться с обширной уже литературой отчетов по прежним исследованиям как в европейской части Союза, так и в Западной Европе и Северной Америке, где в этом отношении достигнуты более значительные успехи.

Изменения гидрографической сети, обусловленные оледенением, представляют вопрос, требующий наличности точных топографических карт и обширных тщательных наблюдений. Нанесение следов оледенения на карту и сводка всех данных позволит до известной степени воссоздать картину гидрографической сети исследуемой местности в ледниковую эпоху и выяснить те изменения, которым она подвергалась. Но даже при более беглых наблюдениях удается выяснить много деталей гидрографии местности: эпигенетические участки современных долин, площади бывшие под льдом, под озерами, глубина врезания долин, отступание их верховий, захват частей одного бассейна рекой другого бассейна и т. д. в зависимости от опытности наблюдателя и резкости происшедших изменений. Невнимательный или неопытный геолог может пропустить такие признаки, которые прямо указывают на определенные события в жизни данной долины и будут подмечены и правильно истолкованы более опытным или внимательным.

Фиорды и шхеры. На крутых морских берегах, с которых спускались ледники, обыкновенно встречаются узкие и длинные, часто разветвленные очень глубокие заливы, называемые в Скандинавии фиордами; их поперечный профиль и отложения на дне показывают, что это были долины, по которым двигались ледники, теперь затопленные морем, подобно лиманам. Современные фиорды с опускающимися в них ледниками обильны на берегах Гренландии, Шпицбергена, земли Франца-Иосифа, Новой Земли и Патагонии. В ледниковый период такую же картину представляли фиорды Скандинавии; на территории Союза фиорды в меньшем развитии встречаются на берегах Лапландии, Карелии, оконечности Тимана, на Таймырском и Чукотском полуостровах, кое где на берегах Охотского моря, но совершенно не изучены. Шхерами называют более мелкое расчленение скалистого морского берега с обилием заливов, бухт, островов и полуостровов; таковы берега Финляндии, где шхеры носят явственные следы ледниковой обработки. У нас они известны на берегах Онежского и Ладожского озер, вероятно найдутся на берегах Лапландии, Карелии и местами на берегах Сибири рядом с фиордами или независимо от них, где они также совершенно не изучены.

Вечная мерзлота. С явлениями вечно-мерзлой, т. е. никогда не

оттаивающей, почвы геолог встретится на крайнем севере европейской части СССР и Западной Сибири и почти повсюду в Восточной Сибири и так как они оказывают влияние на режим рек и отчасти на рельеф местности и имеют большое значение при возведении разных сооружений и устройстве водоснабжения, то исследование их желательно или даже необходимо.

Распространение вечной мерзлоты находится в зависимости: 1) от климата данной местности — средней годовой температуры, толщины снега, времени его выпадения и продолжительности сохранения; 2) от почвенных условий—состава почвы, ее теплопроводности и влажности; 3) от присутствия грунтовой воды и ее движения; 4) от характера растительного покрова и 5) от топографических условий — абсолютной высоты и экспозиции относительно стран света. Поэтому при наблюдениях относительно вечной мерзлоты все эти условия должны быть изучены и записаны.

Детальное изучение вечной мерзлоты требует продолжительного пребывания на одном месте, проведения ряда буровых скважин или шурфов и особых термометров для систематических наблюдений, т. е. возможно только на специальных или временных станциях в связи с какими либо крупными работами по водоснабжению, устройству сооружений, проектированию добычи россыпного золота драгами и т. п. При этом следует руководиться подробными инструкциями, указанными в списке литературы (см. список X, №№ 9, 20, 22, 61). При общих геологических исследованиях ответы на поставленные вопросы естественно будут не полные.

Южная граница области распространения вечной мерзлоты проходит от Архангельска на О через большую излучину р. Печоры, р. Обь между Березовом и Обдорском, достигая р. Енисея у Туруханска и на всем этом протяжении приблизительно держится 65° северной широты; от Туруханска она резко спускается на S вдоль р. Енисея, огибает с W и S верховья этой реки в Урянхайской котловине, захватывает северную Монголию и выходит у гор. Благовещенска к р. Амуру, следуя затем вдоль левого берега этой реки на NO к Охотскому морю. Эта граница только приблизительная; южнее ее также попадается вечная мерзлота отдельными участками, а севернее, наоборот, отдельные площади вблизи этой границы мерзлоты не содержат.

1) Относительно климатических условий исследуемой местности геолог может получить сведения на ближайшей метеорологической станции и по расспросам у населения. Вообще мерзлота развита при средней годовой температуре —2° Ц.; но мощный и в особенности рано выпадающий снеговой покров предохраняет почву от глубокого промерзания, почему есть местности с средней годовой температурой в —6° и —8° (Березов, Туруханск), не имеющие мерзлоты, а с другой стороны она встречается в местностях с средней годовой температурой +4° при отсутствии снега зимой (напр., в Каркаралинске?). Вообще снежный покров более 0,5 м толщины предохраняет почву от глубокого промерзания при средней годовой температуре до —10°.

2) и 3) Состав почвы имеет также большое влияние в связи с ее водоносностью; водопроницаемые слои, по которым вода течет, могут оставаться талыми среди водонепроницаемых, скованных мерзлотой; стоячая вода способствует развитию мерзлоты, так как теплопроводность льда приблизительно в 4 раза больше таковой воды и при замерзании верхних слоев почвы, сильно пропитанных водой, холод быстрее проникает вглубь, захватывая новые и новые слои. Летом же верхние слои оттаивают, теплопроводность их уменьшается и проникновение летнего тепла в почву сильно замедляется. Этим объясняется присутствие вечной мерзлоты на небольшой глубине под дном болот. Текучая же вода благодаря своей циркуляции отдает почве много тепла и противодействует распространению мерзлоты. Тем не менее последняя обнаружена и под руслами рек, напр., в Забайкалье, Амурской области и на Ленских приисках, на глубине от 1,5 до 10,5 м. Вообще влажная почва промерзает глубже и оттаивает летом меньше, чем сухая; плотная глинистая обнаруживает то же по сравнению с рыхлой песчаной или песчано-галечной (сухой) в виду содержания в последней воздуха—плохого проводника тепла.

4) Растительный покров имеет известное влияние; лес, густые кусты затеняют почву и препятствуют ее согреванию летом, а зимой не защищают от мороза. Особенное значение имеет моховой покров благодаря тому, что он впитывает очень много воды; при первых же морозах эта вода замерзает и лед проводит холод в почву; летом пропитанный водою мох препятствует проникновению тепла вглубь; поэтому под мхом уже на глубине 0,2 – 0,5 м может залегать вечная мерзлота. Уничтожение мха обусловливает более глубокое оттаивание почвы. В Аляске этим было достигнуто оттаивание на глубину 1 м, что сделало возможным замледелие.

5) Большое значение имеют топографические условия; склоны высот, обращенные на юг, сильнее прогреваются солнцем, чем северные, поэтому под ними вечная мерзлота залегает глубже, чем под соседними северными или может даже отсутствовать. Зимой в Восточной Сибири в долинах и впадинах образуются при сильных морозах застои холодного воздуха, тогда как на соседних горах происходит циркуляция и мороз слабее (напр., в г. Верхоянске – 48° Ц., на Верхоянском хребте— 24° Ц.). Поэтому в долинах вечная мерзлота развита сильнее, чем на горах; так на перевале железной дороги через хр. Цаган-дабан в Западном Забайкалье мерзлоты нет, а в соседнем к югу Петровском заводе в долине мерзлота достигает 7—8 м толщины. На перевале железной дороги через хр. Яблоновый слой вечной мерзлоты тоньше, чем в соседних долинах, где он у ст. Сохондо в долине р. Хилка и у ст. Читы в долине р. Ингоды достигает 30 м.

Разнообразное сочетание всех указанных условий объясняет: во первых, пестрое распределение вечной мерзлоты среди таликов и таликов среди мерзлоты по обе стороны южной границы ее распространения, а также распространение мерзлоты отдельными слоями среди талых

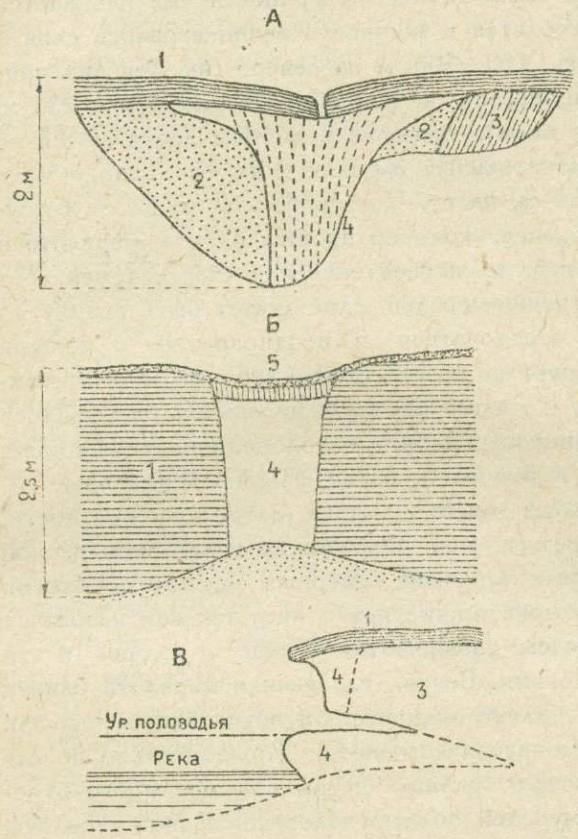
водоносных слоев и отдельными островами среди таликов гораздо дальше на севере—на приисках Ленского и Алданского районов; во вторых, различную глубину залегания вечно-мерзлого слоя и различную мощность его.

Глубина залегания колеблется от 0,2 м под мхом до 3—4 м при более благоприятных условиях, а в иных случаях даже до 10—30 м. Необходимо заметить, что в виду слабой теплопроводности почвы истинную глубину залегания можно определить только в октябре, когда летнее тепло проникло наиболее глубоко, а на поверхности уже начинается новое замерзание. Сильно колеблется и мощность вечно-мерзлого слоя—от 0,4 м до 70—80 м на юге, 100—200 м на севере (на Ленских приисках, в Якутске; на Шпицбергене в каменноугольных копях 230 м, причем на 30 м ниже уровня моря); большие величины достигаются не только на севере, но в исключительных случаях и на юге, напр., в Чите 30 м, на ст. Сохондо 30—55,5 м, на ст. Могзон 53—67 м, на ст. Бушулей 70,4 м; в Тунке, еще южнее, колодец прошел 32 м в мерзлоте и был брошен; в Иркутской губ. на переселенческих участках мерзлота достигала 25—36 м. Этот вечно-мерзлый слой может быть сверху до низу сплошной, но может чередоваться и неоднократно с талыми слоями, по которым циркулирует вода, что обнаружено во многих шахтах Ленских приисков, где в таких случаях мерзлыми оказывались слои поддонной морены и ледниковых илов, т. е. водонепроницаемые слои, а талыми—водопроницаемые галечники и пески флювиоглациальные.

Развитие вечной мерзлоты имеет влияние на рельеф местности, характер растительности и режим рек. Неглубоким залеганием вечной мерзлоты обусловлена большая крутизна северных склонов во многих долинах Восточной Сибири и прижимание рек к ним, так как на южных склонах делювиальные процессы развиваются лучше и скорее и эти склоны становятся более пологими. Везде, где вечная мерзлота близка к поверхности, деревья лесов болеют наростами и неустойчивы, так как их корни идут не вглубь, а распластываются горизонтально по оттаивающему летом слою; поэтому сильные ветры создают много бурелома, целыми полосами. В Амурской области залегание вечной мерзлоты на небольшой глубине под пологими склонами обусловливает их заболоченность, чахлость и раннюю гнилость деревьев. Режим рек своеобразен: благодаря малому количеству снега весеннее половодие незначительно; зато летние дожди обусловливают большие внезапные паводки, так как вода не проникает глубоко в почву, а быстро скатывается в реки. Благодаря той же мерзлоте грунтовая вода циркулирует не глубоко, зимой замерзает и сильно сокращается питание рек, а мелкие речки вымерзают до дна. В феврале озеро Байкал получает от всех Забайкальских притоков только 0,5% годового количества воды. Левые притоки р. Аргуни зимой почти безводны, вода сохраняется в омутах и портится, обусловливая особую болезнь населения (увеличенный рост костей). Образование наледей в речных долинах, ледяных бугров, вспучивающих почву, и проникновение воды речек и ключей зимой в подполья, бани, амбары (см. главу XII) также обусловлено при-

сутствием на небольшой глубине слоя вечной мерзлоты, который мешает грунтовым водам уходить глубже в почву при замерзании ее с поверхности и заставляет эти воды пробиваться наружу навстречу морозу. Тем же, очевидно, обусловлено и заплывание льдом выемок железных дорог, не наблюдаемое в местностях, где вечной мерзлоты нет, несмотря на зимние холода.

Все изложенное поможет геологу ориентироваться в явлениях, связанных с присутствием вечной мерзлоты, собирать сведения о них во время полевой работы и правильно объяснять наблюдения. При разведочных работах представится случай производить наблюдения в выработках, для чего нужно пополнить свое снаряжение особыми термометрами и познакомиться с специальной инструкцией и новейшими сводными очерками по этому вопросу (см. список X, №№ 8, 22, 61). О значении мерзлоты при выяснении условий водоснабжения и возведения сооружений будет сказано в главе XVII.



Фиг. 62.

1 — торф и, вверху, растительный слой; 2 — песок; 3 — слоистый ил; 4 — лед ископаемый; 5 — живой мох.

Почвенный или ископаемый лед также тесно связан с вечной мерзлотой, именно повсюду, где последняя распространена, в составе четвертичных отложений могут быть встречены слои или целые толщи льда. Влажные или водоносные рыхлые породы в вечно-мерзлом состоянии также содержат лед в виде отдельных зерен, прослоев и прожилков; равным образом коренные породы могут содержать прожилки, пропластки и гнезда льда, что наблюдалось на многих приисках в почве золотоносных россыпей, в скальных выемках Амурской и Забайкальской ж. д. и в каменноугольных копях Восточного Забайкалья, где юрские породы были промерзшие до 30—50 м от поверхности, а на Шпицбергене третичные до 230 м. Ископаемый лед обнаруживается не только при земляных и скальных работах, но и благодаря речному размыву в берегах рек, особенно во время половодья и в берегах Ледовитого моря

благодаря работе прибоя. Толщи, пласты и прослойки его в составе наносов обнажаются как на севере на Б. Ляховском острове, в дельте Лены и по всему берегу к востоку от нее и по долинам рек, так и на юге, напр., на берегу р. Витима выше устья р. Каренги, по р. Ильчи в Иркутской губ. и в Монголии в 100 км к югу от оз. Косогола. Своеобразное явление представляет „бугристая" тундра, которую Танфильев наблюдал в земле тиманских самоедов, а Драницын в низовьях Енисея (см. список X, № 8а и 24а). Эта тундра усеяна торфяными буграми разной величины от кочки до 3—8 м высоты и 5—25 м в диаметре; внутри бугров имеются целые линзы льда или ледяные прослойки. В Якутии такие бугры, называемые „булгуннах" встречаются гораздо южнее, напр., в бассейне р. Алдана; они известны и в Сев. Швеции и упомянуты уже в гл. XII при описании наледей.

Встречаясь с ископаемым льдом, геолог должен отметить: условия, глубину и форму залегания льда (толща, пласт, прослои, прожилки, гнезда), его мощность, прозрачность, цвет, чистоту и проследить, распадается ли лед при таянии на длинные иглы или на отдельные зерна, что может до известной степени выяснить его генезис. В отношении последнего мнения ученые еще очень расходятся; но несомненно, что ископаемый лед может образоваться различными способами: 1) конденсацией водяных паров, проникающих в вечно-мерзлую почву; 2) замерзанием воды, проникающей весной при таянии снега или из рек в глубокие трещины, образовавшиеся в почве во время морозов (фиг. 62); 3) он может представлять зимние снежные сугробы, уцелевшие благодаря тому, что весной их перекрыли наносы песка, ила, глины; 4) наледи рек, занесенные подобным же образом; 5) ключевые ледяные бугры, описанные в главе XII; 6) вымерзшие до дна озерки и протоки рек, позже перекрытые наносами; 7) остатки ледников, спасшихся от таяния подобным же образом; 8) зерна, тонкие прожилки, пропластки льда как в коренных породах, так и в наносах могут представлять замерзшую при постепенном развитии вечной мерзлоты грунтовую воду.

Наблюдения относительно условий и формы залегания ископаемого льда и его структуры во многих случаях позволят выяснить его генезис; лед образовавшийся из снега, т. е. представляющий уцелевшие сугробы или остатки ледника, распадается при таянии на зерна, которые легко заметить при рассматривании в лупу на гладкой, отшлифованной трением по ровной поверхности (камня, дорожного ящика) площадке ледяного куска; в нем, кроме того, видно много воздушных пузырьков. Лед, образовавшийся замерзанием воды, распадается при таянии на длинные иголки, перпендикулярные к поверхности охлаждения, т. е. вертикальные в пластах, наклонные или горизонтальные в жилах. Лед вымерзших озер и протоков должен иметь такое же строение. Лед наледей и ледяных бугров, образовавшийся накипанием воды слой за слоем во время морозов, в отношении строения не изучен; он, вероятно, имеет скорлуповатую или слоистую структуру, как равно и лед, образовавшийся конденсацией водяных паров. Наконец лед, образовавшийся

при замерзании воды, проникавшей весной в трещины, в которых в большинстве случаев набился зимой снег, должен иметь смешанную зернисто-игольчатую структуру; он залегает в виде вертикальных клиньев, от которых отходят выклинивающие прослои или пропластки. Примеры больших толщ в 10—20 м ископаемого льда известны на севере Сибири, где, судя по описаниям Бунге, Воллосовича, Лопатина, Майделя, Толля и Толмачева, они имеют очень различный генезис, что отчасти обусловило разногласия между исследователями. В Аляске наиболее распространены ископаемые наледи, озерный и трещинный лед, но встречаются и остатки ледников. Новые, более систематические наблюдения, как на севере, так и на юге необходимы и исследователю полезно познакомиться с литературой по этому вопросу (см. список X).

В отношении вечной мерзлоты также нет еще единодушия во мнениях; одни считают ее наследием ледникового периода и приводят доказательства того, что она убывает, ссылаясь на примеры ее залегания на большой глубине от поверхности, где она как бы представляет остатки древнего более мощного слоя. Другие, наоборот, полагают, что в ледниковый период вечной мерзлоты не было и не могло быть и что она стала развиваться в связи с ухудшением климата в послеледниковую эпоху (уменьшение количества снега обусловило глубокое промерзание). Поэтому желателен дальнейший сбор материала точных наблюдений в разных местностях. Много новых данных опубликовано в сборнике „Вечная мерзлота“ (см. список X, № 61).

Мертвые ледники. В горных местностях, в которых происходит быстрое сокращение оледенения, можно встретить редкое явление мертвого ледника, утратившего область питания. Подобный пример описал Богданович в горной группе Базар-дюзы в Дагестане, ледники которого отступают; этот мертвый ледник Муркар имеет до 2 км длины, боковые и береговые морены, а также поддонную. Лед достигает в верхнем конце до 30 м, в нижнем видимо значительно больше; лед прозрачный, слегка пузыристый. Поверхность его неровная, местами всхолмленная, усеянная толщами щебня, при выветривании которого в нижней части уже образовалась растительная земля и зеленеют островки травы, привлекающей баранов с сухих склонов ущелья и являющейся причиной их гибели в трещинах. Этот ледник начинается у устья обширного цирка с крутыми склонами, по которым спускаются большие толщи льда с гребня Базар-дюзы; но дно цирка свободно от льда, покрыто нетолстыми отложениями щебня и пересекается ручьями, текущими от льдов. Таким образом, ледник утратил связь с фирнами, питавшими его прежде, и сделался неподвижным, в цирке толщи фирна исчезли, количество осадков недостаточно для его заполнения, а часть ледника еще сохранилась, защищаемая моренами, но несомненно тает и со временем исчезнет [1]).

[1]) Два пересечения Главного Кавказского хребта. Тр. Геол. Ком., XIX, № 1. *1902*. Мертвый ледник в Дж. Алатау описал Булгаков (см. список, III, № 2).

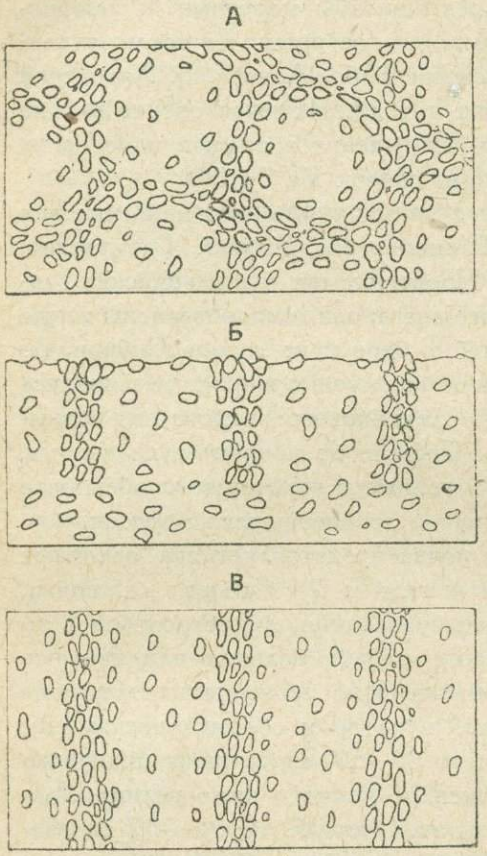
Подобные мертвые ледники известны также в Исландии, на Аляске и на окраине антарктического ледникового покрова; холм ископаемого льда был недавно открыт в северной Финляндии возле Або под флювиогляциальными отложениями (см. список X, № 57). Несомненно, что при сокращении ледниковых покровов в междуледниковые и в послеледниковую эпохи впереди отступавшей окраины их оставались такие оторвавшиеся ледяные массы, которые перекрывались моренами и флювиогляциальными отложениями, сохранялись долгое время, а в исключительных случаях уцелели до нашего времени (Або, Аляска, Б. Ляховский остров, устье Лены, низовье р. Алдана и т. д.). Их исчезновение должно было вызвать оседание и различные нарушения в толщах наносов их кровли, что и следует иметь в виду (см. список VI, № 38).

Структурная почва и каменные многоугольники наблюдаются как на крайнем Севере, на тундрах Шпицбергена, Аляски, Гренландии, Исландии, Лапландии, Сев. Швеции и Норвегии, так и в альпийских горных областях ниже границы постоянного снега; они распространены также на Новой Земле, в Большеземельской тундре и на севере Сибири. Во время ледникового периода эти явления несомненно широко развивались на тундрах вдоль всей южной окраины ледникового покрова, на возвышенностях Средней Европы, Урала и Сибири, не покрытых ледниками, но имевших субполярный климат, и обусловили некоторые особенности рельефа и строения почвы, сохранившиеся до настоящего времени.

Структурная или полигональная почва представляет два основных типа: 1) каменные многоугольники и 2) ячеистая почва. Первые представляют круги или многоугольники диаметром от 1 до 2,5 м с вязкой глинистой почвой, содержащей большее или меньшее количество щебня и обломков, окаймленные по периферии валиком из преобладающего каменного материала, в котором обломки поставлены более или менее отвесно; валик имеет 30—50 см ширины, площадка внутри его плоско-выпуклая, но и в центре немного ниже валика. Раскопки показали, что валики продолжаются вглубь на 0,6—0,7 м, расплываясь затем в гораздо более влажной почве (фиг. 63 *А*, *Б*), так что в общем образование похоже на плоский кулич с каймой из камней, вставленный в почву тундры. Внутри валика почва голая или покрыта мхом; в последнем случае валик покрыт им только отчасти. Эти многоугольники или круги рассеяны по тундре или порознь в разных местах, или же образуют сплошную сеть. Если местность имеет хотя бы слабый уклон, то круги превращаются в эллипсы, многоугольники вытягиваются, причем длинная ось тех и других направлена по уклону. В случае более заметного уклона валики превращаются в извилистые полосы, разделенные более широкими полосами глинистой почвы, бедной щебнем (фиг. 63, *В*). Если почва сильно пропитана водой, то ноги вязнут в ней глубоко, находя опору только на валиках. На поверхности отдельных многоугольников часто видны многоугольники 2-го порядка, окаймленные более мелкими камнями, а на поверхности последних—еще более мелкие образования 3-го порядка. Если в почве мало щебня—валик становится

прерывистым или более узким, или представляет только отдельные камни. На почве, состоящей из одного щебня и обломков, также бывают многоугольники, в которых внутри материал более мелкий и лежит плоско, а в валиках крупнее и поставлен круто или отвесно. На сланцеватой глине более крупные куски окружаются кольцом более мелких.

Генезис этой полигональной или структурной почвы долго толковался различно, но все наблюдатели сходились в том, что явление связано с присутствием вечной мерзлоты. Правильное объяснение недавно дано физиками и подтверждено опытами и вычислением. Явление обусловлено процессом оттаивания в полярном климате; оттаивающая летом почва имеет на некоторой глубине, где начинается вечная мерзлота, температуру 0°, а выше—температуры от 0° до 4°, не более. Но от 0° до 4° плотность воды увеличивается и, следовательно, вверху оказываются более тяжелые, внизу более легкие слои. Пропитанную водой глинистую почву можно считать вязкой жидкостью, в которой при указанном распределении плотностей развиваются конвекционные токи, стремящиеся выравнять плотности; в результате получается движение почвы в центре из глубины к поверхности, а на последней от центра к периферии, где она идет обратно вглубь. Так происходит вынос щебня к периферии и образование валиков. Очевидно, имеют влияние и колебания температуры, и давление солнечных лучей, благодаря которым камни опережают в движении мелкую почву и концентрируются на периферии, подобно тому как в нагорных террасах крупные глыбы опережают мелкие, сосредоточиваясь в уступах (см. главу XIV). Там, где имеется уклон местности, кроме того, происходит медленное движение всей оттаявшей почвы по уклону, чем обусловлено вытягивание кругов в эллипсы, а при более значительном уклоне—превращение кругов и многоугольников в полосы, разделенные валиками камней, так как в этом случае радиальные конвекционные токи превращаются в спиральные вниз по уклону.



Фиг. 63.

Хегбом дал иное объяснение, дополненное Гладциным, который наблюдал начало образования многоугольников на дне высохшего

водоема в Хибинских тундрах Лапландии (см. список X, № 7). Благодаря расширению глинистой почвы, пропитанной водой, при ее замерзании, происходит ее выпучивание вверх, расталкивание и смещение камней по наклонной поверхности выпуклины; большую роль в смещении камней, по Гладцину, играют ледяные стебельки, вырастающие в каждую морозную ночь на влажной почве и поднимающие щебень на своей вершине; при первых солнечных лучах они тают и поднятый камешек падает уже на другое место, ниже по уклону, так как стебельки растут перпендикулярно к поверхности. Более крупные обломки, непосильные для стебельков, спихиваются ими. Этот процесс повторяется осенью каждые сутки (добавим—и летом, после стаивания снега, когда ночи еще морозные) и мелкие смещения грубого материала создают освобожденные от него площадки, окаймленные каменным валиком.

Мне кажется, что оба объяснения не исключают, а хорошо дополняют друг друга. Начало образования идет так, как указывают Хегбом и Гладцин, благодаря морозу; но летом, когда оттаивает почва, расширение площадки, вынос камней из глубины почвы на поверхность, смещение их к периферии, приведение здесь в отвесное положение и увлечение вглубь должны происходить благодаря конвенционным токам, как указывают физики.

Ячеистая почва отличается от описанной; она наблюдается там, где почва мелкоземистая или глинистая, однообразного состава, т. е. без щебня; поверхность ее разбивается трещинами, шириной от 1 см и глубиной до 20—30 см, на шестиугольные ячейки, поперечником до 20 см, реже до 1 м, середина которых выпуклая. В других случаях трещины создают крупные полигоны неправильной формы с поперечником 50—100 м. Различают тундровые и плоские (мелкоземистые) полигоны; первые имеют в поперечнике 15—20 м, вторые только до 1 м; среди последних различают еще летние, образующиеся от усыхания почвы, и зимние—от ее сокращения при морозе. Эти образования еще недостаточно разъяснены (подробности см. список X, №№ 7, 36, 37, 39, 43, 44, 45, 47, 48, 51, 53, 54, 57).

Своеобразные „морозные бугорки", напоминающие кротовины, распространены в Исландии на лугах и располагаются линейно или разбросаны в беспорядке; они также обусловлены замерзанием воды, содержащейся в влажной почве.

Интересно констатировать подобные же образования в северных местностях Союза и зарегистрировать их размеры и все их особенности при разном составе почвы, производя раскопки до начала вечной мерзлоты; проследить быстроту перемещения камней при повторных посещениях того же места в течение лета, для чего помечать отдельные камни масляной краской и измерять их расстояние от центра или определенных меток на периферии. Выяснить, появляются ли в центре новые камни из глубины, как предполагают, не погружаются ли камни валиков вглубь, при какой температуре воздуха и почвы движение ускоряется или замедляется, как распределена температура в почве в разных частях

внутри круга или многоугольника в связи с температурой воздуха; какой характер имеет растительность и как она распределена; какой вид приобретают эти образования при том или ином уклоне местности; какой состав почвы и какая степень влажности благоприятствуют их образованию; в какой местности они особенно обильны и типичны, в какой встречаются спорадически, в какой отсутствуют.

Более подробную программу наблюдений см. у Гладцина (список X, № 7), у которого есть и хорошие снимки из Лапландии их из высокогорной области Армении, где Куплетский обнаружил и в кратере Уч-тапалар (см. список X, № 60). Баранов видел подобные образования в хр. Сайлюгем на границе Монголии, а я—на гольцах в бассейне р. Бодайбо и сравнивал выпуклые площадки, окруженные кольцом камня с цветочными клумбами. Сукачев наблюдал „пятнистую тундру" между Уралом и низовьем р. Оби, как на равнине, так и на пологих склонах, а Дранцын на тундре низовий р. Енисея и назвал голые площадки „медальонами" (см. список X, № 8а). Таким образом эти явления развиты как в северной тундре, так и в высокогорной местности под любой широтой, но несомненно связаны с былым оледенением или с современной вечной мерзлотой.

Грязевые потоки, описанные уже в главе XII, также свойственны областям развития вечной мерзлоты (Восточная Сибирь, Канада). Но в описаниях их не упоминается поясовое распределение щебня и обломков и при будущих исследованиях следовало бы выяснить сходство и различия этих явлений. Хоббс наблюдал поясовое течение в горах Селькирк в Канаде выше и ниже границы постоянного снега (см. список X, № 48). Ряд исследователей уже указывал (см. список X, № 50) на значение этого процесса в ледниковый период для объяснения некоторых форм поверхности в умеренных широтах; в частности крупные каменные осыпи и реки в горах, даже не подвергавшихся оледенению, во многих случаях представляют скорее всего грязевые потоки этого периода, из которых позже вымыт весь мелкий материал, по крайней мере до известной глубины. Хегбом собрал интересные наблюдения о результатах деятельности мороза в Сев. Швеции, в виде образования и смещения каменных россыпей и даже отдельных глыб по пологому склону (список X, № 43). Далее загибы голов пластов и выходов жил на склонах в том случае, когда они достигают заметных размеров, скорее объясняются условиями движения делювия в ледниковый период, чем в настоящее время. Сглаживание склонов, округление гребней и вершин должно было происходить также гораздо энергичнее благодаря течению почвы, происходившему в ледниковый период при условиях субполярного климата и вне областей непосредственного оледенения в весьма значительных размерах. Каменные осыпи и реки часто нельзя объяснить непосредственным скатыванием обломков с вышерасположенных скал, ни тем, что они представляют остатки конечных или поддонных морен. Необходимо выяснить состав горных пород, слагающих осыпь или реку, определить где и как обнажаются эти породы по со-

соседству и, посредством раскопок, убедиться, не появляется ли глубже между глыбами, обломками и валунами в достаточном количестве глина или суглинок—цемент или даже главная масса прежнего грязевого потока. Возможно, что и нагорные террасы, описанные в главе XIV, главным образом создавались в ледниковый период также в виде течения грубого делювия на вершинах гор.

Главнейшая литература

I. Общие сочинения о ледниковых явлениях.

1) Heim, A. Handbuch der Gletscherkunde, *1885.*
2) Hess, H. Die Gletscher, *1904.*
3) Penck, A. und Brückner, E. Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig, *1901-09.*
4) Zeitschrift für Cletsherkunde (издается с 1907 г.).
5) Zeitschrift für Geschiebeforschung (издается с 1925 г.).
6) Woldstedt, P. Das Eiszeitalter. *1929.*

II. Снег, фирн, лавины снежные и ледяные

1) Allix, A. Avalanches., «Geogr. Review.", XIV, 519—560, *1924* (сводная работа с литературой и фотографиями лавин).

2) Frech, E., Ueber die Lawinen der Alpen., „Pet. Mitt.", 126–128, *1912.*

3) Hansen, E The snow-line in Norway. Norske Geogr. Selsk. Aarbog, *1901-02.*

4) Hauthal, Meyer, Jaeger. Die Schmelzformen des Firns im tropischen und subtropischen Hochgebirge „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", 95—116, *1908.*

5) Keidel, H. Ueder den Büsserschnee in den argentinischen Anden. „Ztschr. f. Gletsch.", IV, 95, *1909.*

6) Klute, F. Schneereste des Schwarzwaldes. Ber. Nat. Ges. Freiburg im Br. XIX, *1911.*

7) Pashinger, V. 1) Die Schneegrenze in verschiedenen Klimaten Erg. heft № 173, „Pet. Mitt.", 93 s. *1913.* 2) Schneegrenztypen. „Ztschr. f. Gletsch." X, 231—234, *1917.*

8) Rabot, C. H. Les débâcles glaciaires. Bull. geogr. hist. et descript. № 3, 413—465, *1905.*

9) Ratzel, F. Ueber Eis- und Firnschutt. „Pet. Mit.", 174–176, *1889.*

10) Reinhard, A. Zur Lage der Schneegrenze im Kaukasus. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", № 5, 326–330, *1911.*

11) Schoy, C. Das Problem des Büsserschnees. „Pet. Mitt.", 209—212 и 266–270, *1914.*

12) Vaughan, C. On snow-waves and snow-drifts in Canada with notes on the „snowmushrooms" of the Selkirks. „Geogr. Journ.", XX, 137—175, *1902.*

III. Современные ледники

Из огромной литературы приводим главным образом новые описания русских ледников и лучшие из иностранных.

1) Берг, Л. Поездка к ледникам в истоках р. Исфара (Туркестанский хр.). „Изв. Турк. Отд. Р. Геогр. О-ва", VII, 1—21, *1907.*

2) Булгаков, А. Ледники Джунгарского Алтау бассейна р. Ак-су. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 51, в. 1, 27–34, *1915.*

3) Буш, Н. 1) Ледники Зап. Кавказа. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., 32, № 4. 1905. 2) О состоянии ледников северного склона Кавказа в 1907, 09, 11 и 13 гг. Изв. Р. Геогр. О-ва", 50, в. 9, 461–51[illegible], *1914.*

4) Геблер, И. Ледники рек Мульты и Кулагаша в Катунском хребте. Зап. Зап.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва, 38, 263—280, *1916.*

5) Герасимов, А. Северо-восточное подножие Эльбруса. „Изв. Геол. Ком.", № 2, 77—152, *1911*.

6) Динник, М. Путешествие в Дигории и Балкарии. Зап. Кавк. Отд. Р. Геогр. О-ва, 14, *1890*.

7) Дмитриев, С. Ледники в верховьях р. Алматинки в Заилийском Алатау. „Изв. Турк. Отд. Р. Геогр. О-ва", VI, 1—38, *1907*.

8) Духовской, А. Наблюдения за Девдоракским ледником в 1909—1912 гг. в связи с данными о нем с 60-х годов XIX в. „Изв. Кавк. Отд. Р. Геогр. О-ва", 23, 1—21, *1915*.

9) Лангваген, В. Ледники хр. Александровского, Заилийского и Кунгей-Алтау. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 43, 239—246, *1907*.

10) Липский, В. 1) Хребет Петра Великого и его ледники. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 34, в. 3, 291—316, *1898*. 2) Ледниковая область Арзынга, Мазара и Мука. Там же, 35, 649—693, *1899*. 3) По горным областям Русск. Туркестана. Там же, 42, 91—236, *1906*. 4) Горная Бухара. 3 тома, СПБ, *1902-05*.

11) Маркович, В. 1) В поисках за вечным льдом. 2) Краткий отчет о поездке по черноморскому побережью Кавказа и на ледники Абхазии. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 41, 623—696, *1905*. 3) На ледниках Дигории. Там же, 39, 31—79, *1903*. 4) В верховьях Ардона и Риона. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., 38, № 3, *1906*.

12) Михайловский, В. Горные группы и ледники Центр. Кавказа. „Землев.", кн. 1, 121—154, *1894*.

13) Мушкетов, Д. 1) Ледниковая область Вост. Ферганы. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 48, 281—294, *1912*. 2) Оледенение Восточной части Алтайского хр. Там же, 49, 757—779, *1913*. 3) Оледенение Вост. Ферганы и Алая. Там же, 53, 83—137, *1917*.

14) Мушкетов, И. 1) Геологическая экспедиция на Зеравшанский ледник в 1880 г. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., 39, № 1, 408—476, *1910*. 2) Геологический очерк ледниковой области Теберды и Чхалты на Кавказе. Тр. Геол. Ком., XIV, № 4, *1896*.

14а) Пальгов, Н. Н. 1) Новые ледники в хр. Кунгей-Алатау. „Изв. Р. Геогр. Общ.", в. 1, *1928*. 2) На ледниках р. Чилика. Там же, в. 2, *1928*. 3) На главном Алматинском леднике. Там же, в. 2, *1929*.

15) Перетолчин, С. Ледники хр. Мунку-Сардык. „Изв. Томск. Техн. Инст.", 46 стр., *1908*.

16) Петровский, Н. Заметки о Зеравшанском и других ледниках Самаркандской обл. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 51, 189—198, *1915*.

17) Подозерский, К. Ледники Кавказского хребта. Зап. Кавк. Отд. Р. Геогр. О-ва, 29, в. 1, 205 стр., *1911*.

18) Преображенский, И. Ледники Туркестанского хребта. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 52, 125—189, *1916*.

19) Россиков, К. Ледник Цити на северном склоне Бокового Кавказского хр. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 29, 495—518, *1893*.

20) Резниченко, В. 1) Ледниковая группа Мус-тау. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 46, 53—101, *1910*. 2) О древних и современных ледниках ЮЗ Алтая. Там же, 48, *1912*. 3) Южный Алтай и его оледенение. Там же, 50, 1—68, *1914*.

21) Сапожников, В. 1) По Алтаю. Изв. Томск. Унив., *1897*. 2) Катунь и ее истоки. Там же, *1901*. 3) Монгольский Алтай в истоках Иртыша и Кобдо. Там же, 1911. 4) Очерки Семиречья I и II. Там же, *1904* и *1906*. 5) Новые ледники Джунгарского Алатау. Природа, № 4, *1916*.

22) Соболев, М. Русский Алтай. „Землев.", кн. 3—4, *1896*.

23) Тиндаль, Д. Альпийские ледники. Москва, *1866*.

24) Тронов, В. 1) Верховья р. Бухтармы. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 1, 48—52, *1897*, 2) Каталог ледников Алтая. Там же, 57, в. 2, 107—159, *1925*. 3) Современное оледенение Алтая. Там же, 56, в 2. 37—72, *1924*.

25) Троновы, Б. и М. 1) Восхождение на Белуху. „Землев.", кн. 4, 84—98, *1915*. 2) По истокам Аргута. Там же, кн. 1—2, 13—30, *1916*.

26) Федченко, Б. Поездка в Зап. Тянь-шань для изучения ледников Таласского Алатау. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **34**, 403–423, *1898*.

27) Форель, Ф. Температура воздуха летом и колебания размеров ледников. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., **47**, 383—8, *1911*.

28) Хатисян, Г. Кавказские ледники в период в 1862 по 1887 г. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **24**, 326—346, *1888*.

29) Цирульников, П. О движении ледников Балкарии и Дигории, „Изв. Р. Геогр. О-ва", **53**, 45—56, *1917*.

30) Шершенко, А. Куртатинское ущелье и Цейский ледник. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **40**, 273—293, *1904*.

31) Шокальский, Ю. Отчеты о произведенных в 1902–1906 гг. наблюдениях над ледниками России. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **40**, 609—630, *1904* и **43**, 219—238 и 247–256, *1907*.

32) Эдельштейн, Я. 1) Несколько замечаний о ледниках хр. Петра Великого. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **42**, 39—90, *1906*. 2) Заметка о состоянии ледников Баур-альмас и Товарбек в августе 1906 г. Там же, 849—852.

33) Наставление для установки на ледниках меток для обозначения различных наблюдений. Прил. к т. **43**, „Изв. Р. Геогр. О-ва", *1907*.

34) Bell, I. The Douglas Glacier and its neighbourhood (New Zealand). „Geogr. Journ.", 121—138, *1908*.

35) Capps, S. 1) Glaciation of the north side of the Wrangell mountains, Alaska. „Journ. Geol.", **18**, 33—58, *1910*. 2) Glaciation of the Alaska range. Там же, **20**, 415—437, *1912*.

36) Chadwick, G. Glacial-lake problems. „Bull. Geol. Soc. Amer.", **34**, 499–506, *1923*.

37) Diener, C., Penck, A. Alpengletscher ohne Oberflächenmoränen. „Pet. Mitt.", 269—271, *1894*; 21–23, 51–53 и 99–101, *1895*.

38) Drygalski, E. v. 1) Grönlands Gletscher und Inlandeis. „Ztshr. Ges. Erd. Berlin", **27**, 1—62, *1892*. 2) Grönland-expedition 1891—1893. 2 Bände, Berlin, *1897*.

39) Dunmore, Earl. The Pamirs. 2 vol. London, *1893*.

40) Freshfield, D. 1) The peaks, passes and glaciers of the Caucasus. Proc. R. Geogr. Soc., X, 677—704, *1888*. 2) The exploration of the Caucasus. 2 vol. London, *1896*.

41) Friederichsen, M. 1) Die heutige Vergletscherung des Khan-Tengri Massives und die Spuren einer diluvialen Eiszeit im Tien-schan. „Ztschr. f. Gletsch.", II. 241–270, *1907*. 2) Forschungsreise in den zentralen Tiën-schan und Dsungarischen Alatau 1902. „Mitt. Georg. Ges.", Hamburg, XX, 311 стр., *1904*.

42) Filippi, F., de. Karakorum and Western Himalaya 1909. Account of the expedition of Pr. Luigi Amadeo of Savoy etc. London, 2 vol., *1912*.

43) Gilbert, G. Glaciers and glaciation. Harriman Alaska series, vol. III, Washington, 231 стр., *1910*.

44) Gripp, K. Untersuchungen an Gletchern und Moränen Spitzbergens. „Z. d. d. geol. Ges.", **79**, M. B., *1927*.

45) Gruber, O. Der Hochjochferner im I. 1907. „Ztschr. f. Gletsch.", VII, H. 1, 1—36, *1912*.

46) Hedin, S. 1) Die Gletscher des Mustag-ata. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", **30**, 94–134, *1895*. 2) Scientific results of a journey in Central Asia. 1899–1902, vol. III, IV. Stockholm, *1905*. 3) Southern Tibet. 9 vol. Stockholm, *1917—24*.

47) Kayser, O. The Greenland ice-sheet. Greenland, vol. I, *1928*.

48) Lendenfeld, R. Der Tasman-Gletscher und seine Umgebung. Erg. heft № 75, „Pet. Mitt.", *1884*.

49) Martin, L. Gletscheruntersuchungen längs der Küste von Alaska. „Pet. Mitt". 78–81 и 147–149, *1912*.

50) Merzbacher, G. 1) Aus den Hochregionen des Kaukasus. 2 Bde. Leipzig, *1901*. 2) The Central Tian-shan mountains. London, *1903*. 3) Der Tien-schan· „Ztschr. d. d.

und oester. Alp. ver", **37**, 121–151, *1906*. 4) Die Gebirgsgruppe Bogdoola im östlichen Tien-schan. Abh. K. Bayer. Ak. Wiss., **27**, 5. München, *1916*.

51) Prinz, G. Die Vergletscherung des nördlichen Teiles des zentralen Tien-schan Gebirges. Mitt. Georg. Ges., Wien, H. 1- 3, 10—75, *1909*.

52) Reck, H. Glazialgeologische Studien über die rezenten und diluvialen Gletschergebiete Islands. „Ztschr. f. Gletsch.", V, 241—297, *1911*.

53) Russell, I. Existing glaciers of the United States. V Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., 303–355, *1884*.

54) Visser, P. C. Von den Gletschern am obersten Indus. „Ztschr. f. Gletsch.", **16**, 169–229, *1928*.

55) Workmann, W. Features of Karakoram glaciers. „Ztschr. f. Gletsch.", VIII, H. 2, 65–103, *1913*.

56) Wright, C. The Ross barrier and the mechanism of ice movement. „Geogr. Journ.", march, 198—219, *1925*.

IV. Свойства и движение ледникового льда

1) Вейнберг, Б. 1) Внутреннее трение льда и физическая теория ледников. „Физ. Обозр.", VIII, *1907*. 2) Über die innere Reibung die Eises. I. II. Ann. d. Physik, **18**, *1905* и **22**, *1907*.

2) Гесс, Г. О связи между слоистостью фирна и полосчатостью ледников. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **39**, в. I, 80—88, *1903*.

3) Мушкетов, И. Периодические колебания ледников. Сборн. Инст. Инж. Пут. Сообщ., I, *1899*.

4-а) Пальгов, Н. Наблюдения и промеры на Главном Б. Алматинском леднике летом 1923 г. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **58**, в. 2, *1926*.

4-б) Хаген бах-Бишоф, Э. Глетчерное зерно. „Горн. Журн.", № 10, 125—139, *1883*.

5) Crammer, H. 1) Eis- und Gletscherstudien N. J. Beil. Bd. **18**, 57—116, *1903*. 2) Ueber den Zusammenhang zwischen Schichtung und Blätterung und über die Bewegung der Gletscher. Cbl. f. Min. etc., X, 103—107, *1902*. 3) Ueber Gletscherbewegung und Moränen. N. J., II, 33—42, *1905*.

6) Drygalski, E. Die Eisbewegung, ihre physikalischen Ursachen und ihre geographischen Wirkungen. „Pet. Mitt.", 55–64, *1898*.

7) Engeln, O. Phenomena associated with glacier drainage and wastage. „Ztschr. f. Gletsch.", VI, 104, *1911*.

8) Finsterwalder. Theorie der Gletscherschwankungen. Там же, *1907*.

9) Hamberg, A. 1) Zur Technik der Gletscherschwankungen. C. R. Congr. intern. géol. Wien, 749—766, *1903*. 2) Studien über Meereis und Gletschereis. Bih. till K. Svensk. Vet. Ak. Handl., **21**, Abt. II, № 2. 3) Die Temperatur ver hältnisse der Bodenschichten der Gletscher und Inlandeise. C. R. Congr. géol. internat. Madrid, f. 4, 1891—1897, *1928*.

10) Hess, H. 1) Der Hintereisferner 1893—1922. Ein Beitrag zur Lösung des Problems der Gletscherbewegung. „Ztschr. f. Gletsch.", **13**, 145–207, *1924*. 2) Der Schuttinhalt der Innenmoränen. „Pet. Mitt", 34–36, *1903*. 3) Winterwasser der Gletscherbäche. Там же, 59—64, *1906*.

11) Hobbs, W. The cycle of mountain glaciation. „Geogr. Journ.", **35**, № 2 и № 3, *1910*.

12) Mothes, H. Dickenmessungen von Gletschern mit seismischen Methoden. „Geol. Rundsch." **17**, № 6, 397—401, *1926*. 2) Neue Ergebnisse der Eisseismik. Zeit. f. Gletscherkunde, № 4, *1927*.

13) Ogilvie, A. Some recent observations and theories on the structure and movement of glaciers of the alpine type. „Geogr. Journ.", 280–294, *1912*.

14) Philpp, H. 1) Untersuchungen über Gletscherstruktur und Gletscherbewegung. „Geol. Rundsch.", III, 234—239, *1914*. 2) Mechanismus der Gletscherbewegung. N. J. Beil. Bd. **43**, *1920*.

15) Sieger, R. Karstformen der Gletscher. „Geogr. Ztschr.", I, 182—204, *1895*.

16) Tarr, R. and Martin, L. An effort to control a glacial stream. Ann. Ass. Amer. Geol., II, 25 - 40, *1913*.

17) Vallot, I. Annales de l'observatoire du Mont-blanc. Vol. IV—V, 189 p. *1900*, Paris (наблюдения над ледником Mer de Glace).

См. также многие статьи отд. III особенно №№ 3, 8, 15, 20, 21, 23, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 38, 40, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 52, 53, 55, 56.

V. Ледниковая эрозия: троги, цирки, кары

1) Герасимов, А. Заметка о долинах-трогах Кавказа. „Изв. Кавк. Отд. Р. Геогр. О-ва", 24, № 1, *1916*.

2) Рейнгард, А. К вопросу о форме корытообразных долин. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 57, в. I, 63—66, *1925*.

3) Chamberlin, Th. and R. Certain phases of glacial erosion. „Journ. Geol.", 19, 193—216, *1911*.

4) Cvijic, I. Ueber Firn- und Gletchererosion. Bull. Soc. Géogr. Belgrad. 21—48, *1922*.

5) Davis, W. 1) American studies on glacial erosion, C. R. XI Congr. géol. intern. Stockholm, f. 1, 419—428, *1910*. 2) Glacial erosion in North Wales. „Quart. Journ.", 65, 281—350, *1909*.

5a) Deecke, W. Zur Entstehung der Kare. S. B. Heidelb. Ak. Wiss. Math. nat. Kl., Abh. 9, *1929*.

6) Drygalski, E. Die Enstehung der Trogtäler zur Eiszeit, „Pet. Mitt.", II, 7, 8—9; H. 12, 328—330, *1912*.

6a) Fels, E. Das Problem der Karbildung in den Ost-Alpen. „Pet. Mitt.", Erg. heft № 202, Gotha, *1929*.

7) Früh. Ueber Form und Grösse der glazialen Erosion. Verh. Schweiz. naturf. Ges., *1906*.

8) Garwood, E. 1) On the origin of some hanging valleys in the Alps and Himalayas. „Quart. Journ.", 58, 703, *1902*. 2) Features of alpine scenery due to glacail protection. „Geogr. Journ.", 310—339, *1910*.

9) Günther, S. Der gegenwartige Standpunkt der Lehre von der Glazialerosion. Verb. XIV Geogr. tages, 188—204, *1901*.

10) Hamberg, A. Ueber die Erosionsformen der Talwasserscheiden als Beweis einer glazialen Erosion. C. R. XI Congr. géol. intern. Stockholm. f. 1, 475—492, *1910*.

11) Hess, H. 1) Gletscherkunde und Glacialrelief „Geol. Rundsch.". 1, № 3, 125—142, *1910*, 2) Die Schutzwirkung der Eisdecke auf Alpenformen. „Pet. Mitt.", H. 2, 78, *1911*.

12) Högbom, A. Ueber die Glacialerosion im schwedischen Urgebirgsterrain. C. R. XI Congr. géol. intern., Stockholm, f. 1, 429—442, *1910*.

13) Kilian. L'érosion glaciare et la formation des terrasses. „La Geogr.", XIV, *1906*.

14) Lehmann O., Die allgemeine Bedeutung der U-Täler. Abh. Geogr. Ges Wien. 11, № 1, 89 s., *1920*.

15) Lucerna, R. Die Trogfrage. „Ztschr. f. Gletsch.", V, № 5, 356.

16) Martonne, E., 1) L'erosion glaciaire et la formation des vallées alpines. I, II. Ann. de Géogr., 289—317, *1910*, 1—29, *1911*. 2) Sur la formation des cirques. Там же, X, *1900* и XI, *1901*.

17) Müller, I. Die diluviale Vergletscherung und Uebertiefung. Jahrb. Preuss, Geol. Land. anst., 38, T. 1, H. 1, *1917*.

18) Olbricht, K. Die Exarations-landschaft. „Geol. Rundsch.", I, 59—68, *1910*.

19) Penck, A. 1) Ueber glaciale Erosion in den Alpen. C. R. XI Congr. géol. intern. Stockholm, 1 f., 443—462, *1910*. 2) Schliffkehle und Taltrog. „Pet. Mitt.", H. 9, 125—127, *1912*.

20) Popoff, B. Zur Frage von der Entstehung terrassenähnlicher Abstufungen an moränenbedeckten Gebirgshängen unter Inlandeis gewesener Gebiete, Зап. Мин. О-ва, 41, в. 1, 55—64, *1904.*

21) Reusch, H. A few words on the effects of glacial erosion in Norway. C. R. XI Congr. géol. intern. Stockholm, 1 f., 463—468, *1910.*

22) Salomon, W. Können Gletscher im anstehenden Fels Kare, Seebecken und Täler erodiren? N. J. II, 117—139, *1900.*

23) Stiny, I. Taltröge. Philippson, A. Der glaziale Taltrog. „Pet. Mitt.", H. 11, 247—252, в. 277, *1912.*

24) Discussion sur l'erosion glaciare. C. R. XI Congr. géol. intern. Stockholm, 1 f., 477—489. *1910* (интересные замечания Salomon, Dëchy о Кавказе, Heim, Penck и др. о ледниковой эрозии вообще).

25) Heim, A. Geologie der Schweiz, 1, *1917* (Vergleichendes über Fluss und Gletscherwirkung).

26) Lücke, E. Die Formen der Kare, ihre Verbreitung und kritische Untersuchung über ihre Entstehung, Diss. Münster, 68 s., *1922.*

VI. Ледниковые отложения; следы оледенения

1) Боголюбов, Н. О фазах междуледниковой эпохи Московской губ. „Еж. Геол. и Мин. Р.", IX, в. 1—2, 24—33, *1707.*

1а) Варданянц, Л. А. О древнем оледенении северного склона Центр. Кавказа (Горная Осетия). Изв. Р. Геогр. Общ., в. 1, *1929.*

2) Глинка, К. О минералогическом составе Псковских ледниковых глин и о типах выветривания. Зап. Мин. О-ва, 37, в. 2, 333—342, *1899.*

3) Герасимов, А. Верховья Ассы и Хевсурской Арагвы и большой кавказский туннель. „Землев.", кн. 3—4, 1—29, *1912.*

4) Городков, Б. Западно-Сибирская экспедиция Росс. Ак. Наук и Р. Геогр. О-ва, „Природа", № 7—12, 3—31, *1924.*

5) Гранэ, Г. 1) О ледниковом периоде в Русском Алтае. „Изв. Зап.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", III, в. 1—2, 1—59. *1915.* 2) О значении ледникового периода для морфологии СВ Алтая. Зап. Зап.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва, 38, 1—22, *1916.*

6) Григорьев, А. Геология, рельеф и почвы С.-З. части Ленско-Алданского плато и хр. Верхоянского. Мат. Як. Комм. Ак. Н., в. 4, *1926.*

6а) Грюше, П. Л. Следы древнего оледенения в Вост. Кунгей-Алатау. Изв. Р. Геогр. Общ., в. 2, *1928.*

7) Данилевский, И. К. К вопросу о происхождении озов. „Геол. Вестн.", V, №№ 4—5, 1—12, *1927* (новейшая сводка литературы).

8) Каульбарс, Н. Озы Скандинавского ледяного периода. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 3, 208—225, *1901.*

9) Козьмин, М. О ледниковых явлениях в Олекминско-Витимской горной стране. „Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", XXI, № 1, 1—33, *1890.*

10) Криштафович, Н. Строение ледниковых отложений на территории Ковенской, Гродненской и Виленской губ. „Еж. Геол. и Мин. Р.", I, 10—22 и 25—30, *1896.*

11) Кропоткин, П. Отчет об Олекминско-Витимской экспедиции. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., III, 681 стр., *1873.*

12) Кротов, П. Следы ледникового периода в СВ части Евр. России и на Урале, Казань, 51 стр., *1885.*

13) Кузьмин, А. М. Материалы к расчленению ледникового периода в Кузнецко-Алтайской обл. Изв. Зап.-Сиб. Отд. Геол. Ком. VIII, в. 2, *1929,* Томск.

14) Кулик, Н. О северном постплиоцене. „Геол. Вестн.", V, № 1—3, 31—40, *1926.*

15) Лопатин, И. Дневник Туруханской экспедиции 1866 г. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр. XXVIII, № 2, 191 стр., *1897.*

16) Мазарович, А. Ледниковые отложения южного Поволжья. „Вестн. Моск. Горн. Ак.", I, № 1, 43—56, *1922.*

17) Марков, К. К. 1) Изучение ленточных глин с геохронологической точки зрения. „Природа", № 9, *1927*. 2) О геохронологическом изучении ленточных отложений Северо-Западной обл. Там же, № 5, *1929*. 3) Ленточные глины и связанные с ними проблемы по исследованиям последних лет. Изв. Р. Геогр. Общ., в. 1, *1927* 4) Геохронологическое изучение ленточных осадков в Северо-Западной обл. Бюлл. Комм. Изуч. Четв. Пер. Ак. Наук, № 2, *1930*.

18) Молчанов, И. 1) Материалы к вопросу о древнем оледенении СВ Монголии. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **54**, в. 1, 57—100, *1918*. 2) Следы древнего оледенения в Енисейском кряже. „Изв. Сиб. Отд. Геол. Ком.", V, в. 5, 1—22, *1926*.

19) Мирчинк, Г. 1) Послетретичные отложения Черниговской губ. и их отношение к аналогичным образованиям остальных частей Евр. России. Вестн. Моск. Горн. Ак., II, прил. № 1, *1923* и Мем. Геол. Отд. О. Л. Е. А. и Э., в. 4, 67+186 стр., *1925*. 2) Об определении южной границы ледника вюрмского периода. Бюлл. Комм. Изуч. Четв. Пер. Ак. Наук, № 2, *1930*.

20) Миссуна, А. Конечная морена и устройство поверхности СВ части Гродненской губ. Зап. Мин. О-ва, **47**, 233—296, *1911*.

21) Михальский, А. Материалы для описания ледниковых отложений вдоль строящейся ж.-д. линии Седлецк—Полоцк. Тр. Геол. Ком. Н. С., в. 32, 127—170, *1908*.

22) Обручев, В. 1) Алтайские этюды. I. Заметки о следах древнего оледенения в Русском Алтае. „Землев.", кн. 4, *1914*. 2) Ледники или грязевые потоки в Олекминско-Витимской горной стране? „Геол. Вест.", III, № 5—6, 247—265, *1916*. 3) Признаки ледникового периода в Северной и Центр. Азии. Бюлл. Комм. Изуч. Четв. Пер. Ак. Наук, № 3, *1930* и „Природа", *1930*.

23) Павлов, А. П. Генетические типы материковых образований ледниковой и послеледниковой эпохи. „Изв. Геол. Ком.", № 7, *1888*.

24) Пилипенко, П. К вопросу о ледниковом периоде на Алтае. Еж. Геол. и Мин. Р. XII, в. 1—2, 1—7, *1910*.

25) Православлев, П. К изучению ледниковых образований северной части царства Польского. Варшава, 96 стр., *1905*.

26) Рейнгард, А. 1) К вопросу о следах ледникового периода на Куссарской наклонной равнине. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **58**, в. 2, *1926*. 2) Ледниковый период в Среднем Кавказе. Зап. Харьк. Унив., кн. 2, *1912*. 3) Глациально-морфологические наблюдения в Центр. Кавказе летом 1926 г. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 2, *1927*.

27) Ренгартен, В. История долины Ассы на Сев. Кавказе. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **57**, в. 2, 53—103. *1925*.

28) Соболев, Д. 1) Ледниковая формация Сев. Европы и геоморфологическое расчленение русской равнины. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **56**, в. 1, 101—140, *1924*; **58**, в. 1, 5—35, *1926*. 2) О стратиграфии четвертичных отложений Украины. Бюлл. Комм. Изуч. Четв. Пер. Ак. Наук, № 2, *1930*.

29) Соболевский, Г. К современному и древнему оледенению в Зап. Куэнлуне. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **54**, в. 1, 27—56, *1918*.

30) Таганцев, В. О некоторых спорных ледниковых вопросах. „Изв. Р. Геогр. О-ва", **51**, в. 10, прот. 63—68, *1915*.

31) Тутковский, П. 1) Конечные морены, валунные наносы и озы в Ю. Полесье. Зап. Киевск. О-ва Ест., **17**, *1901*. 2) Полесская безвалунная область, ее особенности и причины ее возникновения. Там же, **18**, кн. 1. *1903*. 3) Ископаемые пустыни северного полушария. Прил. к „Землев." за 1909 г., 373 стр., *1910*.

32) Федоров, Е. Заметка о нахождении меловых и валунных отложений в приуральской части Сев. Сибири. „Изв. Геол. Ком.", № 11, 439—450, *1887*.

33) Чирвинский, В. К познанию химического и петрографического состава дилювиальных отложений ЮЗ России и т. д. Зап. Киевск. О-ва Ест., **24**, 346 стр., *1914*.

34) Яковлев, С. 1) К вопросу о ледниковом периоде на Алтае. Тр. СПБ. О-ва Ест., **40**, в. 1, 27—50, *1909*. 2) Наносы и рельеф Ленинграда и его окрестностей, I и II. Л. *1926*.

35) Эдельштейн Я. и Герасимов, А. Инструкция для изучения следов древнего оледенения в альпийских странах. Изд. Р. Геогр. О-ва. 36 стр. *1909.*

36) Böhm v. Böhmersheim, A. Geschichte der Moränenkunde. Abh. Geogr. Ges. Wien, III, № 4, *1901.*

37) Bonney, T. Ice-work present and past. London, 295 p., *1896.*

37a) Bowman, I. The Andes of Southern Peru. New-York. *1916* (теория образования кар).

38) Bülow, K. Die Rolle der Toteisbildung beim letzten Eisrückzug in Norddeutschland. „Z. d. d. geol. Ges.", **79**, MB 273–283, *1927.*

39) Chamberlin, T. 1) Preliminary report on the terminal moraine of the second glacial period. 3-th Ann. Rep. U. S. Geol. Surv.' 291—402, *1892.* 2) The rockscorings of the great ice invasions. Там же, 7-th Ann. Rep., 147—248, *1886.*

40) Crosby, W. The origin of eskers. Proc. Bost. Soc. Nat., Hist., **30**, № 3, 372—411, *1902.*

41) Dewey, H. The river gravels of the South of England, their relationshrip to palaeolitic man and to the glacial period. C. R. XIII Congr. géol. intern., Bruxelles 1922, f. 3, 1429—1446. Liége, *1926.*

42) Ebers, E. Die bischerigen Ergebnisse der Drumlinforschung, N. J. Beil. bd. **53**, Abt. B, H. 2, 153—270, *1926.*

43) Flint, R. F. Eskers and crevasses filling, „Amer. Journ. Sc.", 410—416, *1928.*

44) Frech, F. Ueber glaziale Druck- und Faltungserscheinungen im Oder-gebiet, „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", **36**, № 5, 219–229, *1901.*

44a) Fraser, H. An experimental study of varve deposition. Trans. R. Soc. Canada, **23**, Sect. 4, *1929.*

45) Geer, G. Ueber Aesar. Sver. Geol. Unders. Ser. C. № 173, 25 ss. Stockholm, *1897.*

46) Geikie, J. The classification of european glacial deposits. „Journ. Ceol.", III, 241—269, *1895.*

47) Geinitz, E. 1) Das Quartär Nordeuropas. Lethaea geognostica III, Bd. II, *1904.* 2) Das Diluvium Deutschlands. Stuttgart, *1920.*

48) Granö, I. Beiträge zur Kenntnis der Eiszeit in der NW Mongolei und einigen ihrer südsibirischen Grenzgebiete. Helsingfors, 230 стр. *1910* и „Pet. Mitt.", № 12, 330—332, *1911* (полемика с Мерцбахером).

49) Gripp, K., Todtmann, E., Die Endmoräne des Green-bay Gletschers auf Spitzbergen etc. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, **37**, 43—76.

49a) Hausen, H. 1) Materialien zur Kenntnis der pleistozänen Bildungen in den russischen Ostseeländern. „Fennia", **39**, № 2. 2) Heber die Entuicklung der Oberflächenformen in den russischen Ostseeländern. Там же, № 3, *1913.*

50) Keilhack, K. Endmoränen in Niederschlesien. Jahrb. d. Preuss. Geol. Land. anst., **39**, T. 1, H. 1, 41—57, *1918.*

51) Kilian, W., Gignoux, M. Les formations fluvioglaciares du Bas Dauphiné. Bull. Cart. Géol. France, **21**, № 129, 84 p., *1911.*

52) Krause, P. Ueber Oeser in Ostpreussen. Jahrb. Preuss. Geol. Land anst., **32**, 76—91, *1911.*

53) Leiviska, I. 1) Der Salpausselkä Fennia, **41**, 388 p., *1920.* 2) Ueber die Ose Mittelfinnlands. Там же, **51**, № 4, *1928.*

54) Leverett, F. Comparison of North-amerlean and European glacial deposits „Ztschr. f. Gletsch.", IV, 241, *1910.*

55) Lozinski, W. 1) Quartärstudien im Gebiet der nordischen Vereisung Galiziens. Jahrb. Ceol. Reichsanst., **57** und **60**. Wien, *1907* и *1910.* 2) Die periglaciale Facies der mechanischen Vermitterung. CR XI Congr. géol. intern. Stockholm, 2 f. 1039—1054, *1910.*

56) Missuna, A. Ueber die Endmoränen von Weissrussland und Litauen. „Ztschr. deutsch. geol. Ges.", **59**, *1902.*

57) Obrutschew, S. W. Forschungen im Gebiet des Fl. Indigirka im J. 1926 etc. „Ztschr. f. Gletsch.", XV, *1927.*

58) Philipp, H., 1) Ueber ein razentes alpines Os und seine Bedeutung für die

Bildung der diluvialen Osar. „Ztschr. deutsch. geol. Ges.", 64, Mon. Ber. № 2, *1912*. 2) Zur Theorie der Osentstehung. „Cbl. Min.", № 7, 211—223, *1914*.

59) Ramsay, W. 1) Ueber die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit. Fennia, **16**, № 1, 151 p., *1898*. 2) Beiträge zur Geologie der Halbinsel Kanin. Fennia, **31**, № 4, 46 p., *1911*. 3) Ueber die Verbreitung von Nephelinsyenitgeschieben und die Ausbreitung des nordeuropäischen Inlandeises im Nördlichen Russland. Fennia, **33**, № 1, 1—17, *1912*.

59a) Reinhardt, A. Glacialmorphologische Studien im westlichen und zentralen Kaukasus. „Ztschr. f. Gletsch.", XIV, *1925*.

60) Sederholm, I. Depôts quaternaires en Finlande. Bull. Comm. géol. Finlande. II, № 10, 1—28, *1899* и Fennia, **17**, № 4.

61) Soergel, W. Lösse. Eiszeiten und paläolithische Kulturen. Jena, 177 стр., *1919*.

62) Tanner, V. 1) The problems of an esker in Petsamo, Lappland. Fennia, **50**, № 38, *1928*. 2) Zur Frage der Genesis der Osar. Bull. Comm. Géol. Finlande, № 87, *1929* (критика гипотезы Leiviska).

63) Tarr, R., Martin, L. Glacial deposits of the continental type in Alaska. „Journ. Geol.", **21**, *1913*.

64) Tayler, F. Moraines of recession and their significance in glacial theory. „Journ. Geol.", 5, 421—465, *1897*.

65) Tietze, O. 1) Die Endmoränen zwischen Oder und Neisse und der Os von Kalke. Jahrb. Preuss. Geol. Land. anst., **32**, H. 1, 160—181, *1911*. 2) Die äussersten Endmoränen der jüngsten Vereisung Norddeutschlands. „Geol. Rundsch.", VII, 110—123 и 340—345, *1916*.

66) Thwaites, F. The origin and significance of pitted outwash. „Journ. Geol.". № 4, 308—319, *1926*.

67) Wahnschaffe, F. 1) Ueber die Gliederung der Glazialbildungen Norddeutschlands und Stellung des Randlösses. „Ztschr. f. Gletsch.", V, 321—338, *1911*. 2) Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 4 Aufl., *1921*.

68) Werth, E. 1) Zur Unterscheidung und Benennung eiszeitlicher Ablagerungen. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", 187—191, *1908*. 2) Die äussersten Jugendmoränen in Norddeutschlands und ihre Beziehung zur Nordgrenze und zum Alter des Lösses. „Ztschr. f. Gletsch.", VI, 250—277, *1912*.

69) Wolff, W. 1) Glacial und Interglacial in Deutschland. CR XII Congr. géol. intern. Canada, 467—478, *1913*. 2) Glazialgeologische Excursionen des XII intern. Geol. Congr. zu Toronto 1913. Cbl. Min., № 11—14, *1914*.

VII. Ледниковый период, его климат, деление, причины

1) Броунов, П. О происхождении ледниковых эпох на земле. „Природа", № 7—12, *1924*.

2) Воейков, А. Новейшие исследования ледников и причины их изменений; климатические условия ледниковых явлений настоящих и прошедших. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., XII, в. 2, *1882*.

3) Гейки, Д. Последнее великое Балтийское оледенение. „Еж. Геол. и Мин. Р.", II, в. 8—9, 150—156, *1898*.

4) Криштафович, Н. О последнем ледниковом периоде в Европе и Сев. Америке. Москва, 11 стр. *1910*.

5) Кропоткин, П. Исследование о ледниковом периоде. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., VII, 717+70 стр. и атлас, *1876*.

6) Лукашевич, И. О причинах ледникового периода. „Природа", № 7—8, 959—979, *1915*.

7) Мирчинк, Г. О количестве оледенений русской равнины. „Природа", № 7—8, *1928*.

8) Павлов, А. 1) Ледниковые и межледниковые эпохи в Европе и их отношение к ископаемому человеку. Бюлл. Моск. О-ва Исп. Пр. Н. С. **31**, 23—81, *1922*. 2) Лед-

никовые и межледниковые эпохи Европы в связи с историей ископаемого человека. Петроград, 52 стр., *1922*.

9) Antews, E. The last glaciation. Amer Geogr. Soc. Research Series № 17. N.-York, *1928*.

10) Blösch, E. Die grosse Eiszeit in der Nordschweiz. Beitr. z. geol. Kennt. d. Schweiz, N. F. L., 31, *1911*.

11) Coleman, A. 1) An estimate of postglacial and interglacial time in N. America. CR XII Congr. géol. intern. Canada, 435—450, *1913*. 2) Ice ages recent and ancient. New-York, 287 p., *1926*.

12) Drygalski, E. Die Geoiddeformationen der Eiszeit. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", 22, 169—279, *1887*.

13) Enquist, F. Die glaciale Entwickelungsgeschichte Nordwest-Skandinaviens. Sver. geol. unders, Arsbock 12, № 2, *1918*.

14) Frech, F. Ueber die Mächttigkeit des europäischen Inlandeises und das Klima der Interglazialzeiten. CR XI Congr. géol. intern. Stockholm, f. 1, 333—358, *1910*.

15) Gagel, C. 1) Die Beweise für eine mehrfache Vereisung Norddeutschlands in diluvialer Zeit. „Geol. Rundsch.", IV, 319—362, 444—502 и 588—591, *1913*. 2) Die letzte grosse Phase der diluvialen Vergletscherung Norddeutschlands. Там же, VI, 49—89, *1915*.

16) Geinitz, E. 1) Die Eiszeit. Braunschweig, 198 стр., *1906*. 2) Die Einheitlichkeit der quartären Eiszeit. N. J. Beil. bd. 16, 1—98, *1902* и 40, 77—118, *1915*.

17) Gripp, K. Ueber die äusserste Grenze der letzten Vereisung in NW Deutschland. Mitt. geogr. Ges. Hamburg, 36, 159—246.

18) Grupe, Ö. 1) Zur Frage der Terrassenbildungen und ihrer Altersbeziehungen zu den Eiszeiten. „Ztschr. deutsch. geol. Ges.", MB № 12, 470—490, *1909*. 2) Tal- und Terrassenbildung im Gebiete der Werra-Fulda-Weser etc. „Geol. Rundsch.", 17, H. 3, 161—195, *1926*.

19) Hobbs, W. 1) The pleistocene glaciation of N. America viewed in the light of our knowledge of existing continental glaciers. Bull. Amer. Geol. Soc., 43, № 9, 641—659, *1911*. 2) The glacial anticyclones. New-York. 198 p., *1926*.

20) Hoffmann, I. Grundlinien einer Theorie der Eiszeiten. Beitr. z. Geophysik, IX, 405, *1908*.

21) Kessler, P. Das eiszeitliche Klima und seine geologischen Wirkungen in nicht vereisten Gebieten. Stuttgart, 210 стр., *1925*.

22) Klute, F. Die Bedeutung der Depression der Schneegrenze für eiszeitliche Probleme. „Ztschr. f. Gletsch.", XVI, H. 1—2, *1928*.

23) Kummerow, E. 1) Die Hauptbewegungsrichtungen des diluvialen Inlandeises in Nordeuropa. N. J. Beil. bd. 42, Abt. B. 284—308, *1925*. 2) Geol. Rd. Schau, H. 5, *1928*.

24) Lamansky, W. Das Absterben der Gletscher und die Eiszeit. „Ztschr. f. Gletsch.", VIII, H. 3, 175—194, *1914*.

25) Lepsius, R. 1) Die Einheit und die Ursachen der diluvialen Eiszeit in Europa. Abh. Hess. Geol. Land. anst., V, 136 s., *1910* и CR XI Congr. géol. intern. Stokholm, f. 2, 1027—1038, *1910*. 2) Wasserscheide und Eisscheide in Skandinavien. „Geol. Rundsch.", II, № 1 и № 4, *1911*.

26) Linstow, O. Kritik der ausseralpinen Interstadiale (der Vereisung). „Geol. Rundsch.", IV, № 7, 502—535, *1913*.

27) Manson, M. The significance of early and of pleistocene glaciations. CR XI Congr. géol. intern. Stockholm, f. 2, 1089—1106. *1910*.

28) Oseki, K. Die Eiszeit in den nordjapanischen Alpen, „Geol. Rundsch.", V, № 5—6, 346—353, *1914*.

29) Partsch, I. Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau, 198 s., *1882*.

30) Penck, A. 1) Die Vergletscherung der deutschen Alpen. Leipzig, 483 s., *1882*. 2) Die interglazialen Seen von Salzburg. „Ztschr. f. Gletsch.", IV, 81—95, *1910*. 3) Die Eiszeit in den bayerischen Hochalpen. SB Preuss. Ak. Wiss., 17, 349—371, *1925*.

31) Ramsay, W. 1) Niveauverschiebungen, eisgestaute Seen und Rezession des

Inlandeises in Estland. „Fennia", 52, № 2, *1929*. 2) Eisgestaute Seen und Rezession des Inlandeises in Südkarelien und im Newatal. Там же, 50, № 5, *1928*.

32) Reinhard, A. 1) Ueber die eiszeitliche Vergletscherung Kamtschatkas. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", № 3, 180—184, *1915*. 2) Beiträge zur Kenntnis der Eiszeit im Kaukasus. 113 s., Leipzig—Berlin, *1914*.

33) Schwarz, E. The thickness of the ice-cap in the various glacial periods. „Geol. Mag.", V s., v. III, *1906*.

34) Sjögren, H. Ueber das diluviale Aralo-Kaspische Meer und die nordeuropäische Vereisung. Jahrb. Geol. Reichsanst, 40, 51—76, Wien, *1890*.

35) Soergel, W. Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters. Berlin, 127 s., *1925*.

36) Spitaler, R. Die Eiszeiten und Polschwankungen des Erde. SB Ak. Wiss. Wien, math. nat. Kl. 131, Abt. IIa. 49 s., *1912*.

37) Wegener, A., Köppen, W. Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin, 256 s., *1924*.

38) Woeikof, A. 1) Ueber die klimatischen Verhältnisse der Eiszeiten sonst und jetzt. Verh. Ges. Erd. Berlin, VII, 151—161, *1880*. 2) Gletscher und Eiszeiten in ihrem Verhältniss zum Klima. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", 16, 217—271, *1881*.

39) Wolff, W. Ueber die Grossgletscher von Alaska und die diluviale Vereisung von N. Amerika. „Geogr. Ztschr.", 684—700, *1915*.

40) Woldstedt, P. Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Diluviums. Stuttgart, 406 стр., *1929* (новейшее руководство, обильная иллюстрация, большой список литературы).

VIII. Древние ледниковые периоды

1) Лемуан, П, Ледники палеозойской эры Еж. Геол. Мин. Р., X, в. 7—8, 228—233, *1908*.

2) Arldt, T. Ein zentralafrikanischer Gletscher von triassischen Alter. „Pet. Mitt.", H. 12, 343, *1912*.

3) Basedow, A. Ueber den tektonischen Ursprung der sogenannten kambrischen Eiszeit Süd-Australiens. „Ztschr. deutsch. geol. Ges.", 61, H. 3, 354—379, *1909*.

4) Coleman, A. 1) The Lower Huronian ice age. CR XI Congr. géol. intern. Stockholm, f. 2, 1069—1075, *1910*. 2) Ice ages recent and ancient. N. York, *1926*.

5) Cloos, H. Die vorkarbonischen Glazialbildungen des Kaplandes. „Geol. Rundsch.", VI, 337—350, *1915*.

6) Dubois, E. Les causes probables du phénomène paléoglaciaire permocarbonifférien dans les basses altitudes. Haarlem, 50 p., *1901*.

7) Echardt, W. Das Klimaproblem der permokarbonischen Eiszeit unter besonderer Berücksichtigung der Forschungen v. Kerners. „Geol. Rundsch.", IX, H. 1—2, 30—47, *1918*.

8) Huene, F. Die südafrikanische Karrooformation als geologisches und faunistisches Lebensbild. Fortschr. Geol. Pal. H. 12, Berlin, 124 s., *1925*.

9) Molengraaf, G. The glacial origin of the Dwyka conglomerate. Trans. Geol. Soc. S. Africa, IV, 103—115, *1898*.

10) Penck, A. Die Eiszeiten Australiens. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", 35, 239—285, *1900*.

11) Richarz, S. Eine tertiäre Vergletscherung Alaskas und die Polwanderung. „Ztschr. deutsch. geol. Ges.", 74, MB 180—190, *1922*.

12) Twenhofel, W. Granite bowlders in the Pennsylvania strata of Kansas. Am. Journ. Sc., 43, № 257, 363—380, *1917* и 48, № 284, 132—135, *1919*.

См. также VII, №№ 27, 33, 36, 38.

IX. Фиорды

1) Берг, Л. Происхождение фиордов (реферат о Gregory). „Землев.", кн. 3, 156—159, *1914*.

2) Dinse, P. Die Fjordbildungen. Ein Beitrag zur Morphologie der Küsten. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", 29, 189—259, *1894*.

3) Engell, M. Zur Kenntniss der Fjorde Grönlands. „Pet. Mitt.", № 6, 309—314, *1910.*

4) Gregory, I. The nature and origin of fjords. London, 542 p., *1913.*

5) Martin, K. Studien über Landschaftsbilder vom Nordfjord und der Westküste Norwegens. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", 85—97, *1909.*

6) Martin and Williams. An ice eroded fiord. The mode of origin of Lynn-canal, Alaska. „Geogr. Rev.", october, *1924.*

7) Nordenskjöld, O. 1) Ueber die Fiorde und Fiordgebiete. CR XI Congr. geol. intern., f. 1, 469—474, Stockholm, *1910.* 2) Topographisch-geologische Studien in Fiord-gebieten. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, IV, № 2, *1900.*

8) Ratzel, F. Ueber Fjordbildungen in Binnenseen etc., „Pet. Mit.", 387—396, *1880.*

9) Steffen, H. Der Baker-fjord in West-patagonien. „Pet. Mitt.", 140—144, *1904.*

10) Werth. Fjorde, Fjörde und Föhrden. „Ztschr. f. Gletsch.", III, *1908—09.*

X. Вечная мерзлота, ископаемый лед, структурные почвы

1) Аболин, Р. Постоянная мерзлота грунтов и ископаемый каменный лед. Зап. Чит. Отд. Р. Геогр. О-ва, IX, 19—108, *1913.*

2) Богданов, Н. Вечная мерзлота и сооружения на ней. Выс. учр. особ. комм. для всестор. изуч. жел.-дор. дела в России, СПБ, *1912.*

3) Боев, Н. Исследование вопроса о вечной мерзлоте почвы. Бюлл. Полит. Общ. изд. Моск. Техн. Уч. № 1 и 2, *1897.*

4) Воейков, А. Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду, способы исследования. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., т. XVIII, № 1, *1889* (изд. 2-е).

5) Вознесенский, А., Шостакович, В. Основные данные для изучения климата Вост. Сибири. Изд. Пересел. Упр. Гл. Упр. Земл. и Землеустр. Иркутск, 218 стр. с атласом, *1913* (глава о вечной мерзлоте Шостаковича 98—144, много фактического материала и таблиц).

6) Воллосович, К. Мамонт острова Б. Ляховского. Зап. Мин. О-ва, 50, 305—338, *1915.*

6а) Григорьев, А. А. Вечная мерзлота и древнее оледенение. Сборник „Вечная мерзлота", Мат. КЕПС № 80, 43—104. Л. *1930.*

7) Гладцин, И. Каменные многоугольники. Изв. Р. Геогр. О-ва, в. 2, 305—322, *1928.*

8) Грауман, Л. К вопросу о вечной мерзлоте. Вестн. Золот., № 8, 167, *1896.* Томск.

8а) Дранцын, Д. А. О некоторых зональных формах рельефа крайнего севера. Почвоведение, № 4, *1914.*

9) Инструкция для изучения мерзлоты почвы в Сибири. Изд. Р. Геогр. О-ва, 23 стр., *1895* (список литературы).

10) Залесский, С. 1) К вопросу о мерзлой почве и ледяных слоях Сибири. Прот. Томск. О-ва Ест. и Врач., янв. 18, *1893.* 2) Геотермические наблюдения на Илинском прииске. Вестн. Золот., № 1, *1895.* 3) По вопросу о мерзлой почве. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 2, 207—211 (журн.), *1895.*

11) Квашнин-Самарин, Н. К вопросу о мерзлоте как факторе почвообразования в зап. части Амурской обл. и на Олекминском водоразделе. Мат. изуч. русск. почв., в. 20, *1911.*

12) Козьмин, Н. О явлениях вечной мерзлоты в некоторых местностях Вост. Сибири. „Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", 22, № 4—5, 46—72, *1891.*

13) Константов, С. О глубоком промерзании, обнаруженном при проведении тоннеля Вост. Амурской ж. д. „Изв. Геол. Ком.", в. 9, 987—1006, *1914.*

14) Лопатин, И. Некоторые сведения о ледяных слоях в Вост. Сибири. Прил. к 29 т. Зап. Ак. Наук, 1—32, *1876.*

15) Львов, А. Поиски и испытания водоисточников водоснабжения на зап. части

Амурской ж. д. в условиях вечной мерзлоты почвы. Изд. Соор. Ам. ж. д. М. П. С. Иркутск, 881 стр. с атласом, 81 табл., *1916* (много факт. данных, литература, фотографии, чертежи, таблицы).

15а) Мальченко, Е. В. Мерзлая почва. Геофизич. проблемы Якутии. Мат. Комм. Изуч. Якутск. АССР при Ак. Н., в. 2, Л. *1928*.

15б) Никифоров, К. О некоторых динамических процессах в почвах области распространения почвенной мерзлоты. Почвоведение, № 2, *1912*.

16) Миддендорф, А. Путешествие на север и восток Сибири. Ч. I, отд. III. Климат Сибири (данные о вечной мерзлоте в Якутской обл.).

17) Обручев, В. Почвенный лед и условия сохранения трупов послетретичных животных на севере Сибири по барону Э. Толлю. „Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва", 23, № 2, 1—14, *1892*.

18) Полынов, Б. О вечной мерзлоте и о формах льда и снега, переживающих лето, в Амурской обл. „Землев.", кн. 3, 35—49, *1910*.

19) Прасолов, Л. 1) О вечной мерзлоте в степной полосе Забайкалья. „Почвоведение", № 4, *1911*. 2) О мерзлоте в почвах ЮЗ части Забайкальской обл. и в Монголии. Тр. Кяхт. Отд. Р. Геогр. О-ва, XV, в. 2, 76—84, *1912*.

20) Проект программы для собирания сведений к вопросу о вечной мерзлоте почвы и явлений, с нею связанных. (Оттиск из труда Львова № 15), 20 стр., Иркутск, *1916*.

21) Сергеев, М. Исследования по линии Забайкальского участка Сиб. ж. д. для выяснения условий водоснабжения будущих станций. Геол. иссл. и разв. раб. по линии Сиб. ж. д., в. IV, 58—83, *1896*.

22) Сумгин, М. Вечная мерзлота в пределах СССР. Изд. Д. В. Геофиз. Обс. Владивосток, 327 стр., *1927*. (Новейшая сводка и критика, литература).

23) Сукачев, В. Н. К вопросу о влиянии мерзлоты на почву. Изв. Ак. Наук, *1911*.

24) Толль, Э. Ископаемые ледники Ново-Сибирских островов, их отношение к трупам мамонтов и к ледниковому периоду. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., 32, № 1, 139 стр., *1897*.

24а) Танфильев, Г. И. Пределы лесов в полярной России по исследованиям в тундре тиманских самоедов. Одесса, *1911*.

25) Толмачев, И. Почвенный лед с р. Березовки в СВ Сибири. Зап. Ак. Наук, VIII с., 17 стр., *1903* (в Научн. рез. эксп. для раск. мамонта на р. Березовке т. 1) и по-немецки в Зап. Мин. О-ва, 40, в. 2, 415—452.

26) Шалабанов, А. Пропускает ли воду мерзлая почва. „Почвовед.", № 3, 269—274, *1903*.

27) Шостакович, В. Вечная мерзлота. „Природа", № 5—6, 558—579, *1916*.

28) Ячевский, Л. О вечно-мерзлой почве в Сибири. „Изв. Р. Геогр. О-ва", 25, № 5, *1887*.

29) Andersson. I. Solifluction, a component of subaerial denudation. „Journ. Geol.", XIV, 91—112, *1906*.

30) Balch, E. Subterranean ice deposits in Amerika. „Journ. Frankl. Inst.", *1899*.

31) Behr, M. Ueber geologisch-wichtige Frosterscheinungen im gemässigten Klima. „Ztschr. deutsch. geol. Ges.", 70, № 5—7, *1918*.

32) Brooks, A. 1) A reconnaissance from Pyramid harbour to Eagle City, Alaska. 21 Ann. Rep. U. S. G. S. p. 366, *1900*. 2) Reconnaissances in the Cape Nome and Norton Bay regions, Alaska in *1900*. Washington, *1901*.

33) Bunge, A. Einige Worte zur Bodeneisfrage. Зап. Мин. О-ва, 40, в. 1, 203—209, *1902*.

34) Davison, C. Creeping of the soil-cap through the action of frost. „Geol. Mag.", VI, 255—261, *1889*.

35) Dawson, G. Notes on the occurence of mammoth-remains in the Yukondistrict of Canada and Alaska. „Quart. Journ.", 50, *1894*.

36) Diskussion über Bodenfluss (Solifluction) von Miethe, Penck, Spethmann, Braun. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", № 4, 241—250, *1912*.

37) Elton, C. S. The nature and origin of soil polygons in Spitsbergen. „Quart. Journ.", 78, pt. I, 163—194, *1927*.

38) Gorman, M. Ice-cliffs on White river, Yukon territory. „Nat. Geogr. Mag.", XI, 113, *1900*.

39) Gripp, K. 1) Ueber Frost und Strukturboden auf Spitzbergen. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", № 7—8, 351—354, *1926*. 2) Beiträge zur Geologie von Spitzbergen. Abh. d. naturwiss. Vereins zu Hamburg, XXI, H. 3, *1927*.

40) Hamberg, A. Die Vorgänge im Erdboden beim Gefrieren und Auftauen. Geol. Foren i Förh, Stockholm, *1915*.

41) Hayes, C., Brooks, A. Ice-cliffs on White river, Yukon territory. „Nat. Geogr. Mag.", XI, 199, *1900*.

42) Hobbs, W. Soil stripes in cold humid regions and a kindred phenomenon. 12 Rep. Michigan Ac. Sc., 51—53, *1910*.

43) Högbom, B. 1) Ueber die geologische Bedeutung des Frostes (литература). Bull. Geol. Inst. Upsala, XI, *1914*. 2) Beobachtungen aus Nord Schweden über den Frost als geologischen Faktor. Там же, XX, *1926*.

44) Huxley. J., Odell, N. Notes on surface markings in Spitzbergen. „Geogr. Journ.", март, *1924*.

45) Kinzl, H. Beobachtungen über Strukturböden in den Ostalpen. „Pet. Mitt.", H. 9/10, *1928*.

46) Leffingwell, E. 1) Flaxman island, a glacial remnant. Journ. Geol., 16, 56—63, *1908*. 2) Ground-ice wedges, the dominant form of ground-ice on the north coast of Alaska. „Journ. Geol.", 23, № 7, 635—654, *1915*.

47) Meinardus, W. 1) Beobachtungen über Detritus-sortirung und Strukturboden auf Spitzbergen. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", № 250—259, *1912*. 2) Ueber einige charakteristische Bodenformen auf Spitzbergen. SB Med. Nat. Ges. in Münster i. W. Bonn, 41 s., *1912*.

48) Pohle, R. Frostboden (Eisboden) in Asien und Europa. „Pet. Mitt.", № 3—4, *1924*, № 7—8, *1925* (список литературы).

49) Russel, I. On the surface geology of Alaska. Bull. Geol. Soc. America, I, 99—162, *1890* (список более старой литературы об ископаемом льде).

50) Salomon, W. Die Bedeutung der Solifluktion für die Erklärung deutscher Landschafts und Bodenformen. Geol. Rundschau, VII, № 1—2, 30—41, *1916* (о каменных россыпях и реках).

51) Sapper, K. 1) Ueber Fliesserde und Strukturboden auf Spitzbergen. Zeit. Ges. Erd. Berlin, № 4, 259—270, *1912*. 2) Erdfliessen und Strukturboden in polaren und subpolaren Gebieten. „Geol. Rundsch.", IV, № 2, 103—115, *1913* (литература).

52) Schostakowitsch, W. Der ewig gefrorene Boden Sibiriens. „Z. d. Ges. Erdk. Berlin", № 7—8, *1927*.

53) Stone-polygons in the Himalayas. „Geogr. Journ.", окт. *1925*.

54) Thoroddsen, T. Polygonboden und „thufur" auf Island. „Pet. Mitt.", № 11, 253—255, *1913*.

55) Tolmatschow, I. Bodeneis vom Fluss Beresowka (NO Sibirien). Зап. Мин. О-ва, 40, в. 2, 415—451, *1903*.

56) Ule, W. 1) Glazialer Karree oder Polygonboden. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", № 4, 253—262, *1911*. 2) Strukturboden in Norwegen. „Pet. Mitt.", № 1, 31, *1914*.

57) Leiviskä, I. Fossiles Eis in einem fluvioglazialen Hügel bei Abo. „Ztschr. f. Gletsch.", VIII, № 3, 209—226, *1914*.

58) Tyrrell, I. Crystophenes or buried ice sheets in the tundra of N. America. „Journ. Ceol.", XII, 233, *1904*.

59) Wojeikoff, A. Zur Verbreitung des Eisbodens in Sibirien. „Meteor. Ztschr.", 211, *1895*.

См. также отчеты геологов в издании „Геологич. исследования в золотоносных областях Сибири", Ленский район, в разных местах.

Дмитриев-Садовников, Г. Река Полуй. Изв. Р. Г. О. *1916*, в. 6, стр. 493—497 дает снимок „пятнистой тундры", но не описывает ее.

Баранов в Сайлюгеме видел нагорную пятнистую тундру.

60) Куплетский, Б. М. Геолого-петрографический очерк восточной части Ахманганского вулканического плато. Сборн. „Бассейн оз. Севан (Гонча)". Изд. Ак. Наук, Л. *1929* (описание и снимки полигональной почвы на дне кратера Уч-тапалар).

61) Вечная мерзлота. Сборник, Мат. КЕПС Ак. Наук № 80, *1930* (новые данные, постановка исследований, климатические условия, влияние на растительность, определение глубины и пр.).

62) Tabor, St. Frost heaving. „Journ. Geol.", 37, *1929*. (Опыты по расширению почвы при замерзании.)

ГЛАВА XVI.

ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Правильные поиски месторождений полезных ископаемых, основанные на геологическом изучении местности и производимые или руководимые лицом с соответствующей подготовкой, производились на территории СССР сравнительно не часто и обыкновенно приводили к более или менее важным открытиям. Более часты были случайные открытия месторождений во время обще-геологических исследований какой либо местности. До половины XIX века много открытий рудных месторождений и россыпей было сделано кабинетскими поисковыми партиями в Алтайском и Нерчинском горных округах и казенными партиями в других частях Сибири, на Урале и Кавказе. Во главе всех этих партий были горные инженеры, отчеты которых составляют преобладающую часть литературы по геологии и полезным ископаемым Союза за 20—50-е годы прошлого века. С 30-х годов XIX века и до последней войны действовали в разных местах Сибири поисковые партии, посылавшиеся местными золотопромышленниками для нахождения новых золотоносных площадей. В противоположность казенным и кабинетским партиям во главе их только в крайне редких случаях стоял геолог или горный инженер, обыкновенно же простой приисковый практик-служащий, часто малограмотный, не имевший никакого понятия о геологии, сравнительно редко штейгер. Не удивительно, что подобные поиски, производившиеся не на основании научных данных, приводили к открытиям совершенно случайно, сплошь и рядом пропускали золотоносные площади или браковали их без достаточных оснований и для познания геологического строения Сибири и распространения золотоносности не дали ровно ничего, несмотря на крупные затраченные на них средства и обширные захваченные ими пространства.

Много открытий месторождений различных полезных ископаемых делалось и делается жителями данной местности, в особенности охотни-

ками, бродящими по горам и лесам, менее пастухами, и делается, конечно, случайно. Но кроме того имеются и специальные рудоискатели—на Урале, Кавказе, Алтае, обыкновенно из числа горнорабочих, занимающиеся поисками по собственному почину (из любознательности или из интереса для продажи открытия предпринимателю) или по поручению рудничного управления. В Сибири не мало золотоискателей, бродящих по тайге в поисках россыпного золота, добывающих найденное хищнически; каждое крупное открытие новой золотоносной площади где либо привлекает сотни и тысячи таких людей, заболевших золотой лихорадкой. Понятно, что все подобные искатели еще менее подготовлены к правильным поискам, чем, напр., американские проспекторы, но приносят пользу своими случайными открытиями, которые потом уже исследуются геологами.

В различных местностях поискам помогают следы прежних горных работ в виде более или менее завалившихся выработок, старых отвалов руды и шлаков, остатков плавильных печей. Эти следы принадлежат или средним векам (как, напр., на Кавказе), или даже доисторическому времени, как так называемые чудские копи в разных местностях Сибири, или также первой половине XIX века (в Киргизской степи, на Алтае, в Нерчинском крае). Обширные старые выработки могут, конечно, служить указанием на солидные размеры месторождения, тогда как отдельные шурфы или ямы нельзя считать ни доказательством присутствия, ни доказательством неблагонадежности месторождения; в особенности это касается старых шурфов золотоискателей, которые очень часто и закладывались случайно, и бросались недобитыми до окончания из-за притока воды, из-за мерзлоты, недостатка провианта или времени и т. п.

В виду поставленной на очередь индустриализации СССР надобность во всевозможных полезных ископаемых несомненно будет делаться все более и более насущной и случайные открытия не смогут удовлетворять потребности. Придется организовывать специальные поисковые партии, руководимые геологами-разведчиками и направлять их в местности, где нахождение того или иного ископаемого наиболее вероятно по геологическим данным или где оно необходимо по экономическим соображениям.

В том и другом случае геологическое строение местности должно иметь решающее значение на выбор района, соответствующего заданию. Поэтому литературные данные по геологии, а затем и все сведения об известных уже месторождениях полезных ископаемых избранной местности должны быть тщательно изучены, чтобы поиски могли быть сразу направлены рационально при наименьшей затрате времени и средств. Геолог, оценивающий существующие данные, должен быть также знаком с современными понятиями металлогенетических, лучше минерогенетических, эпох и провинций, так как ими во многих случаях сразу определяются шансы на открытие месторождений определенного полезного ископаемого в той или иной местности. Напр., в области, сложенной исключительно из толщ осадочных пород, слабо дислоцированных и не

пересекаемых нигде изверженными породами, нет оснований надеяться на нахождение различных руд, кроме руд железа, меди и марганца осадочного или диалитического генезиса, за то есть шансы на открытие месторождений угля, фосфоритов, боксита, цементных и строительных материалов, разных глин—в зависимости также от того или иного возраста осадочных толщ. В местности, сложенной из глубоко денудированных докембрийских кристаллических и метаморфических сланцев, пронизанных интрузиями, мы тщетно стали бы искать уголь, нефть, фосфориты, а также эпитермальные и осадочные рудные месторождения, но можем найти магматические, эманационные, гипотермальные и метаморфогеновые руды, реже мезотермальные. Глубоко размытые массивы глубинных пород могут содержать только магматические, а оболочка их—остатки контактовых месторождений, если нет признаков более юных интрузий, которые в древней породе могли отложить руды иных типов. В складчатой горной стране, сложенной из третичных и меловых осадков, не прорываемых изверженными породами, также нет данных для открытия рудных месторождений глубинного генезиса, но при появлении юных вулканических пород можно надеяться на эпитермальные руды. Обширное распространение кварцитов, песчаников, конгломератов вообще менее благоприятно для рудоносности, а распространение известняков повышает шансы последней при прочих равных условиях.

Поучительно сопоставление Финляндии и Урала; в первой, сложенной из глубоко денудированного докембрия с огромными массивами разных интрузий, рудоносность очень слаба (если не считать современные озерные железные руды), ограничиваясь немногими магматическими (напр., Велимяки) и контактовыми (Питкаранта) месторождениями. На Урале, сложенном из чрезвычайно сильно складчатого палеозоя, пронизанного разными интрузиями и эффузиями, оруденение обильно и разнообразно; но благодаря глубокой денудации наиболее распространены месторождения магматические, эманационные и гипотермальные, а мезотермальные встречаются в виде исключений. Богатое древнее оруденение обусловило также распространение месторождений выветривания, главным образом железа, золота и платины.

Во многих местностях Сибири, где до сих пор было известно только золото в виде россыпей и коренных месторождений, из этого не следует, что другие полезные ископаемые отсутствуют. Труднодоступность, отдаленность местности обусловливают то, что в нее проникали только искатели наиболее ценного металла, скорее оправдывающего труд и затраты. По мере заселения такой местности и улучшения путей сообщения в ней всегда открываются и другие полезные ископаемые; присутствие золота указывает на имевший место процесс оруденения, который во многих случаях не ограничился созданием месторождений одного металла. Примеры этого дают нам Калифорния, Аляска, Австралия, Трансвааль, где открытие золота явилось только первым этапом развития горного дела. Поэтому, оценивая шансы на открытие рудных месторождений, нужно также принимать во внимание степень ее геологической

изученности в связи с состоянием в ней горного дела. Присутствие в шлихе золотоносных россыпей других металлов и минералов, напр., монацита, оловянного камня, самородной меди, серебра, свинцового и висмутового блеска, шеелита, вольфрамита дает уже первый намек на разнообразное оруденение, который должен быть принят во внимание и использован целесообразно для плана поисков, как показал пример оловянного камня в россыпях Енисейского округа (см. список 1, № 24) и монацита в россыпях р. Унды в В. Забайкалье (см. список I, № 16). Для правильных поисков нужно также руководствоваться данными об известных, но не изученных месторождениях, имеющимися в сводных трудах (см. список I, № 27 и предшествующую ему ссылку) и в Бюро учета Геологического Комитета и его отделений.

Минерогенетические эпохи и провинции. Скопления полезных ископаемых, имеющие практическое значение, образовывались в течении всех минувших эпох жизни земли, образуются и в настоящее время. Но в связи с характером господствовавших в ту или иную эпоху геологических процессов состав этих скоплений, т. е. род полезных ископаемых, изменялся весьма существенно. Эпохи орогенезиса, т. е. тектонических нарушений земной коры, всегда связанных в большей или меньшей степени с интрузиями и эффузиями изверженных пород, которые являются первоисточником различных металлических соединений, выносимых ими из недр земли, представляли эпохи усиленного образования рудных месторождений глубинного генезиса—магматических, эманационных и гидротермальных. Эпохи тектонического покоя, которые считают более продолжительными, чем эпохи орогенезиса, характеризуются процессами эрозии и денудации форм земной поверхности, созданных горообразовательными силами. Благодаря этим процессам обнажались и разрушались рудные месторождения, находившиеся ранее на большей или меньшей глубине от земной поверхности, и из их материала создавались рудные месторождения вторичные, поверхностного генезиса—осадочные и выветривания. В те же эпохи тектонического покоя, к которым приурочивают и медленные колебательные движения земной коры, так называемые эпирогенетические, благодаря которым происходили перемещения границ морей, образование и исчезновение озер, в связи с этим имело место также образование месторождений ископаемого угля, нефти, фосфоритов, каолина, разных солей, вообще большинства так называемых нерудных месторождений, накопление которых требует известного постоянства условий в течение более продолжительного времени. Установленные в науке геологические периоды обнимают каждый как эпохи орогенезиса, так и эпохи покоя, но в различном соотношении; одни характеризуются преобладанием первых, другие—преобладанием вторых. Интенсивность процессов, создававших рудные и нерудные месторождения, также колебалась не только в различные эпохи, но и в различных местностях земли, почему и результаты их были очень различны. Напр., хотя уголь мог образовываться во все эпохи с тех пор, как появилась наземная растительность, т. е. начиная с девона, но особенным разви-

тием месторождений угля отличаются эпохи периодов каменноугольного, юрского и третичного, тогда как в других периодах они образовывались только кое где в виде исключения, напр., в пермский период в Китае, в меловой на Сахалине. Месторождения соли главным образом подчинены пермским, отчасти и третичным отложениям, нефть приурочена особенно часто к последним.

В связи с эпохами орогенезиса различают металлогенетические эпохи докембрийские (две или три), каледонскую (конца силура), герцинскую (верхне-палеозойскую), которую также нужно расчленить на 2 или 3 (послесредне-девонскую, средне-каменноугольную и верхне-пермскую) и альпийскую, также обнимающую несколько эпох или субэпох.

Так как, как указано выше, орогенезис проявлялся не везде одновременно и не везде с одинаковой интенсивностью, а в периоды тектонического покоя характер и интенсивность процессов, создававших нерудные и вторичные рудные месторождения подвергались значительным колебаниям в разных частях материков, то распространение и сочетание месторождений различных полезных ископаемых в разных местностях не одинаково. Поэтому есть возможность выделять металло- и минерогенетические провинции разных типов и соединять их в области по общим, объединяющим известные провинции чертам. Так, в нашем Союзе можно выделить в качестве провинций Кавказ, Урал, южнорусскую кристаллическую полосу, Донецкий бассейн, центральный район, Ладожско-Онежский район (Карелию) и Лапландию. Особую провинцию составляет Туркестан и отдельно от него Туркмения. В Сибири можно выделить условно провинции Киргизско-Алтайскую, Кузнецко-Салаирскую, Кузнецко-Саянскую, Минусинскую, Енисейского кряжа, Тунгусскую, Иркутскую, Байкальско-Витимскую, Селенгинскую, Нерчинскую, Алданскую, Верхоянскую, Зейско-Амгунскую, Мало-Хинганскую, Сихота-алинскую, Охотскую, Сахалинскую, Камчатскую, Анадырско-Чукотскую. Недостаточная изученность геологического строения не позволяет наметить их точно и окончательно. В виду этого сделанный мною опыт характеристики металлогенетических эпох и областей Сибири (см. список I, № 19—2) нужно рассматривать как предварительный, подлежащий еще исправлениям и уточнению; тем не менее он поможет геологу определить в общих чертах, какие полезные ископаемые можно еще обнаружить в интересующей его местности. Для остальных частей Союза мы не имеем, к сожалению, и такой предварительной характеристики, и геологу придется обращаться к разнообразным литературным источникам, чтобы составить себе понятие о характере металло- и минерогенезиса интересующей его местности.

Большую помощь в определении типа месторождений металлов и минералов, которые можно ожидать в данной местности, должна оказать быстро развивающаяся в последние годы геохимия, выясняющая генетические взаимоотношения элементов полезных ископаемых и горных пород. Поучительный пример геохимического изучения минерогенетических районов недавно дал акад. Ферсман, описавший месторождения

четырех различных по горным породам, минералам и генезису районов—апатита Хибинских тундр, изумрудов Урала, урана-радия Ферганы и серы Туркмении (см. список I, № 35).

Признаки полезных ископаемых на земной поверхности довольно разнообразны и могут быть легче замечены не только при специальных поисках, но и при общих геологических исследованиях, если коренные породы не скрыты под очень мощными наносами, напр., лёссом или ледниковыми отложениями. Сильно затрудняет поиски, конечно, также густая растительность.

На **рельефе** местности отражаются те месторождения, которые или тверже или мягче вмещающих пород. В первом случае они образуют выдающиеся части—гряды, гребни, карнизы, если представляют жилы или пласты, купола и конусы при штокообразной форме. Так как кварц является наиболее распространенной породой, содержащей различные руды, а вместе с тем и более сопротивляющейся выветриванию, то кварцевые жилы рельефно выделяются в виде стенок, грядок, карнизов, протягивающихся по склонам гор и холмов и образующих их скалистые гребни и вершины; в худшем случае, при господстве механического выветривания, кварцевые жилы проявляются в виде гряд, россыпей и осыпей отдельных глыб и обломков, бросающихся в глаза по своему белому или буро-красному цвету; даже в тайге трудно не заметить такие выходы кварца, если они попадутся вблизи маршрута исследователя. Контактовые роговики также представляют твердую породу и хотя сами по себе далеко не всегда являются рудоносными, но могут обратить внимание на наличность контакта с глубинной породой, всегда требующего изучения. Перидотиты, пироксениты, змеевики очень устойчивы и могут вмещать жилы асбеста, гнезда хромистого железняка, вкрапления и линзы колчеданов. Железняки магнитный, красный, бурый закированные осадочные породы также хорошо сопротивляются выветриванию и образуют выдающиеся формы рельефа. Грязевые сопки, действующие или мертвые почти всегда связаны с месторождениями нефти.

Более мягкие или легко выветривающиеся или распадающиеся на мелкий щебень породы образуют впадины или желоба, обращающие на себя внимание по своим более выдающимся бортам из твердых пород вмещающих месторождение, а в степной местности иногда также или по более густой, или по более скудной растительности в зависимости от состава ископаемого. Этот признак, конечно, легче сглаживается наносами, чем выходы твердых пород.

Окраска выходов полезных ископаемых или продуктов их выветривания во многих случаях обращает на себя внимание. Так как в состав большинства рудных месторождений входит железо в том или другом количестве, а продуктами его окисления под воздействием атмосферных агентов являются красные, бурые и желтые гидроокиси, то выходы многих месторождений характеризуются этими цветами так называемой железной шляпы, более или менее яркими, бросающимися в глаза среди более темной или более светлой окраски вмещающих пород на скалах, в осыпях

и россыпях, даже в цвете элювия и делювия. Часто другие тяжелые металлы кроме железа совершенно удалены из продуктов выветривания и по последним нельзя судить о составе руды на глубине; только в золотоносных жилах часть золота всегда остается в самородном виде среди гидрокисей железа и может быть замечена при внимательном осмотре ряда образчиков невооруженным глазом или в лупу. Присутствие меди в месторождении обыкновенно обнаруживается яркими синими или зелеными цветами, вкрапленными пятнами или полосами среди бурокрасных, благодаря образованию угле- или кремнекислых соединений— малахита, лазури, хризоколлы. Но зеленая окраска может быть также обусловлена хлоритом или хромистым железняком. Свинец часто выдает свое присутствие белыми и желтыми цветами с подмесью бурых и зеленых вследствие образования пироморфита, миметезита и охр. Цинк обнаруживается беловатым или бесцветным стекловидным галмеем, чаще, впрочем, землистым желтым, серым, зеленым, голубым, бурым или красным от примеси соединений других металлов, особенно железа, свинца и меди; для него поэтому более характерны натечные формы с почковидной и гроздевидной поверхностью. Руды кобальта и никкеля выдают себя в случае присутствия мышьяка персиково-красным (кобальтовые цветы) и зеленым (никкелевые цветы) цветом. Марганец обнаруживается густой черной окраской среди красно-бурых цветов гидрокисей железа, а при большем содержании также натечными скорлуповатыми и сталактитовыми формами.

Окраска жильного кварца, выходы которого благодаря его твердости обращают на себя внимание в рельефе местности, обыкновенно служит признаком его рудоносности. Совершенно чистый молочно-белый или стекловидный полупрозрачный кварц выходов не обещает никакой рудоносности за исключением тех местностей, где зона окисления уничтожена деятельностью ледников или интенсивным новейшим размывом и где поэтому на поверхности очутилась зона цементации или даже первичных руд. В этом случае сульфиды, очень мелко рассеянные в кварце, часто не бросаются в глаза, но выдают себя синеватым или сероватым оттенком всей породы или отдельных частей ее, что и нужно принимать во внимание при оценке кварца. Более обещающими вообще являются кварцы охристые, с бурыми и желтыми налетами, подтеками, прожилками, гнездами, в которых часто можно обнаружить остатки неразложившихся колчеданов, псевдоморфозы бурого железняка по пириту и другим сульфидам. При уничтожении зоны окисления ледниками или размывом, а также в выходах кварцевых жил в утесах и обрывах, где эта зона легко сносится, в кварце можно сразу заметить вкрапления, шнурочки, гнезда сульфидов, если жила более или менее богата ими.

Боковые породы рудных месторождений часто также более или менее обильно проникнуты рудами, обусловливающими при окислении ту или иную окраску выходов или продуктов выветривания, обращающую на себя внимание. В свежих обнажениях вкрапления руд не трудно заметить при их осмотре и выяснить их состав, обилие и распределение.

Ископаемый уголь и асфальт обусловливают черный или темно-бурый цвет выходов или продуктов выветривания; но и графит и многие глинистые, углисто-глинистые, углисто-кремнистые сланцы имеют тот же цвет и часто вводят в заблуждение неопытных исследователей, в особенности же лиц, не знакомых с геологией. В продуктах выветривания уголь чаще выражается „сажей", марающим руки черным порошком, причем мощность пласта в выветрелом выходе всегда гораздо меньше истинной вследствие вымывания частиц угля и оседания его кровли. При раскапывании такого выхода среди сажи с небольшой глубины все чаще и чаще попадаются уже кусочки угля, которые позволяют отличить его от разных сланцев. Скопления каолина обнаруживаются по своему белому цвету, часто более или менее загрязненному бурым и желтым от примеси окислов железа или глины и суглинка из покрывающих наносов. Огнеупорные глины также бывают белые, но чаще светло-серые, синеватые или желтоватые и в этом случае менее бросаются в глаза. Фосфориты среди продуктов выветривания обращают на себя внимание меньше по своему темному цвету, чем по неправильно- и прихотливо-округленным конкреционным формам, свойственным этому полезному ископаемому и удерживающимся благодаря его устойчивости. Выходы змеевиков с их желто- или фисташково-зеленой окраской заставляют думать о возможности присутствия асбеста, реже руд никкеля и хромистого железняка, еще реже — платины. Ярко-бурокрасная или красно-бурая окраска делювия на значительной площади может быть обусловлена присутствием не только железной шляпы сульфидных месторождений или железных руд, но и таковым боксита.

Выходы **источников** также в иных случаях указывают на присутствие полезных ископаемых; в одних случаях месторождения последних сами являются водоносными, как пласты угля или рудные жилы, заполняющие отдельные трещины или системы трещин; в других случаях эти месторождения будут водоупорными, как разные глины, т. е. их нужно искать под водоносными слоями.

Густые черные или бурые пленки на воде источников, болот и речек указывают выходы нефти. Отложения известкового или кремневого туфа, охр, выделения пузырьков газа, запаха тухлых яиц, молочная или опализирующая вода, теплота ее являются признаками минерализации источника.

Некоторые **растения** требуют для своего развития содержания некоторых металлов в почве; у других такое содержание отражается на окраске листьев и цветов. Напр., на выходах цинковых месторождений в Вестфалии и Бельгии растет особый вид фиалки Viola lutea var. calaminaria. На глинистой, содержащей свинец почве в Миссури известно губоцветное Amorpha canescens; в Квинсленде на почве, богатой медью, растет Polycarpea spirostylis, в золе которой находится медь. На старых отвалах оловянных рудников Рудных гор в изобилии растет белое растение Trientalis europea, нигде более в окрестностях не известное. Рудные жилы, выходящие под хлебными полями, пустырями, отражаются

на растительности в виде более темного или более светлого цвета ее листвы.

Обломки от выветривания твердых и трудно окисляющихся полезных ископаемых можно наблюдать не только вблизи выходов последних, но и значительно ниже на склонах, а затем в руслах оврагов, ручьев и рек в виде гальки, даже валунов. Таковы обломки магнитного, красного, бурого и хромистого железняка, оловянного камня, вольфрамита, шеелита, антрацита, богхеда; затем нефрит, фосфориты и устойчивые жильные породы (кварц, барит, флюорит) также попадают в обломках в делювий и в русла. Прослеживая распределение таких обломков по склонам и гальки в руслах (как указано в главе IX), можно определить более или менее точно положение выхода самого месторождения. Золото- и платиноносность горных пород почти всегда обнаруживается при промывке в лотке речного галечника, гравия и песка со дна русла, а в более крупных реках—из кос и отмелей, обнажающихся после половодья. Но судить о благонадежности по тем следам благородных металлов, которые попадаются при такой промывке, конечно нельзя. Спутники этих металлов в шлихах также могут служить признаком присутствия тех или других полезных ископаемых в системе данной реки, как указано в начале главы. Эрратические валуны также иногда помогают обнаружить месторождение, если проследить шаг за шагом их распространение до первоисточника. Так было открыто месторождение медной руды в ЮВ Финляндии по глыбам ее, найденным сначала в 50 км от коренного выхода.

При исследовании района, в котором работаются золотоносные россыпи, следует собирать для позднейшнего изучения образчики *черного шлиха*, т. е. наиболее тяжелых минералов, являющихся спутниками золота и скопляющихся на головке вашгерда вместе с последним. Среди этих минералов преобладает магнетит в виде черного песка, иногда пирит в виде кубиков, более или менее окисленный; в значительно меньшем количестве и реже встречаются оловянный камень, вольфрамит, шеелит, монацит, гранат (иногда в изобилии), иридий, осмий и другие металлы платиновой группы, самородное серебро, свинец, висмут, драгоценные камни (алмаз, рубин, топаз, изумруд, шпинель) и т. п. Присутствие того или другого из этих минералов в заметном количестве заставит подумать о возможности нахождения его коренных месторождений в виде кварцевых или пегматитовых жил, вкраплений в коренных породах и т. п.

При пробе наносов лотком также следует собирать получающийся шлих и изучать его предварительно под лупой, чтобы не упустить возможные признаки месторождений. Для геологов, незнакомых с горным искусством, приведем краткие сведения о *лотке* и работе с ним [1]).

Нормальный лоток представляет таз из листового (кровельного)

---

[1]) По Osborn. H. Prospectors field-book and guide, 9-ed., 120—122, *1920* (с дополнениями).

железа, около 30 см в диаметре и 7—8 см глубины, с ровным дном и наклонными под углом около 45° стенками; в месте соединения последних с дном делается кольцевой желобок, а на верхнем крае в одном месте—носик для слива воды. Употребляют также лотки другой формы, напр., железные плоско-конические, деревянные в виде короткого корытца, но не с цилиндрическим, а с призматическим двугранным дном или же в виде лопаты без ручки с отвесными с трех сторон бортами. Но все эти формы требуют большего навыка при работе, чем нормальная. В крайнем случае можно пользоваться и обыкновенным тазом—алюминиевым, луженым жестяным или медным. Деревянные лотки нужно слегка обжечь снутри, чтобы частицы золота были виднее на черном фоне.

Промывка ведется так: лоток наполняют на $^2/_3$ исследуемым наносом и погружают на дно реки, ручья или ямы с водой на небольшой глубине, чтобы удобно было действовать руками; последними перемешивают породу для полного пропитыванья ее водой. Затем лоток поднимают, захватив руками с двух сторон поближе наибольшего диаметра, но держат под водой, слегка наклонив от себя и придавая ему приблизительно эллиптическое движение. Через пониженный борт вода выносит все более легкие частицы и спустя некоторое время в лотке остается крупный песок, галька и комья глины (если нанос глинистый); гальку выбирают руками, комья глины раздавливают и затем возобновляют движение для удаления глинистой мути, причем нужно остерегаться сноса мелкого золота вследствие слишком сильных движений. В конце концов на дне лотка остается шлих из наиболее тяжелых минералов и некоторого количества песчинок; последние также удается удалить осторожным движением. Шлих высушивают на солнце или над огнем в самом лотке (если он металлический) и затем отделяют посредством магнита магнетит или отдувают его ртом от золотых (платиновых) частиц на листе белой бумаги, регулируя силу дутья так, чтобы последнее не уносило в сторону и золото. Высушенный шлих хранят в бумажном капсюле, на котором пишется номер, а в дневнике под тем же номером записывается точно место взятия пробы. Для получения большего количества шлиха приходится промыть несколько проб.

Для опробованья жильного кварца нужно возить с собой чугунную ступку с пестом; для ускорения измельчения этой твердой породы ее можно накалить в костре и в ступке облить водой. При толчении нужно закрывать ступку бумагой с отверстием для песта во избежание потери вылетающих частиц. Если кварц содержит пирит или другие сульфиды, то его не следует накаливать во избежание потери золота. При отсутствии ступки можно измельчать мелкие куски кварца в мешке или плотной бумаге между двумя плоскими камнями. Мелкий кварцевый порошок промывают осторожно в лотке. Для определения содержания золота в кварце или в наносе нужно иметь с собой походные точные весы с разновесом (такие весы фирмы „New York Engineering Co“ помещаются в коробке $3{,}5 \times 7 \times 15$ см и позволяют взвешивать 0,001 г); объем толченого кварца можно определить мензуркой, а объем промытого

наноса вычислить по размерам лотка и затем по уд. весу кварца (2,6) или наноса (1,8—2,3 в зависимости от количества гальки) определить вес пробы. Опытные промывальщики определяют содержание золота даже на-глаз по количеству частиц металла.

При геологических исследованиях в районах развития кристаллических сланцев, изверженных и метаморфических пород вообще следовало бы иметь с собой лоток, производить время от времени промывку наносов и опробование жильных пород и собирать шлихи для изучения при обработке материалов.

Характер коренных пород и его изменения могут дать полезные указания на возможность найти известные ископаемые; таковы лагунные фации осадочных пород (уголь, нефть, соль, осадочные руды железа, марганца); появление пегматитовых жил (слюда, полевой шпат, радиоактивные и драгоценные минералы); признаки сильной дифференциации глубинных пород, появление шлир (магматические руды); сильная пиритизация изверженных и осадочных пород, пропилитизация андезитов, дацитов, каолинизация, серицитизация, алунитизация, грейзенизация гранитов, сиенитов, порфиров; появление скарновых пород — все это указывает на так называемые послевулканические процессы, обычно связанные с тем или иным оруденением (эманационные и гидротермальные месторождения) и заставляет особенно внимательно искать его проявление.

Геофизические методы поисков и разведок полезных ископаемых в последние годы получили большое распространение и все более совершенствуются. Прототипом их в сущности является „волшебный прут", которым рудоискатели пользовались уже в средние века; защитники его имеются до сих пор и утверждают, что показания его обусловлены влиянием подземных скоплений руд, соли, нефти, воды на организм человека, особенно чувствительного к таким слабым воздействиям. Проверка работы таких „прутоходов", которые не перевелись до сих пор в Западной Европе, производилась не раз и показала, что они часто делают грубые ошибки; примеры правильного определения ими подземных скоплений полезных ископаемых и воды поэтому приписывают случайности. Но если исключить заведомых шарлатанов, расчитывающих на людское легковерие и невежество в геологических вопросах, то все-таки нельзя отрицать возможности влияния влажности и слабых магнитных и электрических токов на особенно восприимчивые к ним организмы, которые в виду слабости этих влияний, конечно, могут делать ошибки. Вопрос нельзя считать еще решенным окончательно не в пользу этого старинного метода, который в виду изобретения точных приборов в настоящее время, конечно, нельзя считать рациональным; его единственные достоинства — дешевизна и быстрота работы, но без всяких гарантий за правильность показаний (см. список II, № 2).

Магнитное влияние железных руд на стрелку компаса было известно уже давно и магнитометрические способы поисков этих руд применялись с большим успехом за последние 30 лет. Новыми являются методы

электрические, гравитационные и акустические, которые и разрабатываются. Они требуют как специальных инструментов, так и специальной подготовки исследователей, и поэтому не могут рассматриваться здесь даже вкратце. Достаточно упомянуть об их значении для поисков и необходимости прибегнуть к ним особенно в тех случаях, когда мощные наносы исследуемой местности не позволяют проявляться всем перечисленным признакам присутствия полезных ископаемых и делают предварительную разведку шурфами и канавами невозможной или очень дорогой. Главнейшая литература об этих методах указана в списке в конце главы.

Следы старинных горных работ всегда имеют большое значение при поисках полезных ископаемых; в Киргизской степи, на Алтае, в Минусинском и Нерчинском крае так называемые „чудские копи", принадлежащие какому то исчезнувшему народу, вероятно бронзового века, привели к открытию многих месторождений, в особенности медных. Иногда они уходят очень глубоко в землю, но большею частью ограничиваются зоной окисленных руд, более легких для добычи и плавки. В выработках крепь обыкновенно отсутствует и попадаются каменные орудия. В Туркестане также много таких старинных работ, называемых китайскими. Присутствие их не всегда свидетельствует о благонадежности месторождения, так как при крайне низкой оценке труда первобытного рудокопа и несмотря на примитивные методы и орудия нередко можно было работать месторождения, при современных условиях невыгодные. Эти старинные работы большею частью доходят только до уровня более обильного притока грунтовых вод, с которыми древние рудокопы не умели бороться. Поэтому во многих случаях зона цементации и почти всегда зона первичных руд оставались для них недоступными. Исследование старинных работ требует большой осторожности в виду отсутствия лестниц и крепи, вероятности обвалов выветрившихся при долгом стоянии сводов и стенок выработок и возможности скопления вредных газов на дне их. В вертикальные и крутонаклонные выработки нужно предварительно спускать на веревке зажженную свечу или пучок хвороста и следить за их горением. Опуская и поднимая несколько раз горящий хворост можно провентилировать выработку. В горизонтальные и пологонаклонные выработки нужно проникать не в одиночку, а вдвоем или втроем, на некотором расстоянии друг от друга и соединившись веревкой, чтобы задние могли вытащить переднего, если он лишится чувств. Передний должен следить за пламенем свечи и, осторожно подвигаясь вперед, обстукивать свод, чтобы убедиться в его прочности или вызвать обвал нависших глыб и обломков, потерявших связь с окружающей породой, но еще удержавшихся [1]). По отвалам у устья выработок и отбросам плавильных печей, которые обыкновенно расположены по соседству, можно судить о том, какое полезное ископаемое добывалось, если проникновение в выработки невозможно. Длина и глубина послед-

[1]) Те же предосторожности рекомендуются при осмотре заброшенных шурфов, шахт и штолен позднейшего времени, даже насчитывающих немного лет существования.

них дают понятие о размерах месторождения, а в забоях, своде и почве штолен и штреков, в стенках шахт можно видеть и самое тело его, обыкновенно менее мощные участки, оставленные за невыгодностью или трудностью работы.

Организация поисков. Если в течение общего геологического обследования местности не удается найти выход или выходы желаемого полезного ископаемого, но будут обнаружены его признаки, необходимо организовать более тщательные поиски на ограниченном участке, где эти признаки были встречены. То же можно сделать, если подобный участок намечается сразу на основании изучения литературных данных. Поиски состоят в том, что исследователь с помощниками, постоянными или специально нанятыми из местного населения (которым предварительно нужно раздать кусочки ископаемого, если оно им незнакомо) начинает обходить весь участок по параллельным линиям на расстоянии 8—10 м друг от друга, наблюдая все выходы и обломки коренных пород, попадающиеся на поверхности почвы, в выбросах нор, в искорях деревьев; если таковых нет, то приходится раскапывать кайлой или лопатой растительный слой, чтобы видеть подпочву. Руководитель переходит с линии на линию, следя за работой помощников и отмечая пункты, где будут найдены обломки искомого или где цвет подпочвы является обещающим. Распределение находок по определенным линиям или площадям позволит затем выделить более ограниченный участок, где можно повторить ту же операцию, проводя линии более густо. Заканчивается поиск проведением пробных канав, чтобы вскрыть хотя бы разрушенный выход в нескольких местах. Этот метод приходится применять в тайге или в степи, почти или совершенно лишенным естественных обнажений и мало расчлененным. В последнее время в степной местности Южного Урала с успехом стали применять метод „закопушек“ для поисков золотоносных жил. По линиям, перекрещивающимся сетью на расстоянии 5—10 м одна от другой, делают небольшие ямки, вскрывающие почву под дерном, глубиной в 20—25 см и в 1—1,5 м друг от друга. Обломки охристого кварца или заметная охристая окраска почвы дают указание на близость выхода жилы, который затем может быть обнаружен сгущением линий и ямок и превращением наиболее обещающих ямок в шурфы или канавы. Этот метод можно применять и к поискам других рудных месторождений, которые дают железную шляпу с характерной окраской, т. е. вообще к сульфидным месторождениям меди, свинца, цинка (см. список I, № 2), к так называемым рассеянным месторождениям окисленных медных руд в осадочных породах и к месторождениям железа разных генетических классов, обыкновенно содержащим болеее или менее значительные количества руды, т. е. могущим дать много обломков ее в наносах. Этот метод требует довольно много рабочих рук или времени и его следует применять только после геологического изучения района к наиболее обещающему участку или же к окрестности известного уже месторождения, в которой нужно найти его продолжение или новую жилу той же свиты. При доста-

точном количестве логов или оврагов с обнажениями или руслами поиск сначала ведется систематически по всем логам, оврагам, руслам с осмотром гальки последних, обнажечий, а в промежутках—осыпей, выбросов нор, обломков на поверхности и также заканчивается нахождением выхода искомого или выделением ограниченного участка. Руководитель, направляя обход своих помощников, должен сообразоваться с особенностями местности; напр., присутствие очень мощных наносов (ледниковых, лёсса) сделает поиски в промежутках между оврагами, логами и т. п. бесполезными. Аллювиальные россыпи придется искать исключительно по долинам, промывая в лотке пробы наносов из кос, отмелей, берегов русла, если углублению пробного шурфа мешает вода. Но на террасах удастся пробить и шурф.

Во многих случаях искомое полезное ископаемое известно местному населению, среди которого найдется проводник, который укажет выход или местонахождение обильных обломков. Поэтому при поисках всегда необходим предварительный опрос населения и посещение указанного проводником места, которое, впрочем, нередко обманывает ожидания: или ископаемое не то, которое желательно (напр., вместо угля—черный сланец, вместо золотой руды—пегматит с выветренной слюдой или вкрапления пирита, вместо нефти—пленки окислов железа на болотной воде), или его совсем нет—проводник забыл место, где нашел его когда то, оно заросло, завалилось и т. п.

Выяснение условий предварительной разведки. Если так или иначе найден выход или выходы полезного ископаемого, причем его мощность достаточна или обещает стать таковой, или если признаки настолько обильны, что можно рисковать производством разведки, необходимо определить по возможности все условия, позволяющие составить план и примерную смету разведочных работ.

1) Вероятный генезис месторождения (магматический, эманационный, гидротермальный, осадочный, выветривания, метаморфогеновый); первоначальное определение может оказаться ошибочным, но оно полезно для соображений о характере разведки.

2) Форма залегания: пласт, жила, шток, залежь, гнезда, вкрапления, россыпь.

3) Условия залегания: пологое, крутое падение; твердость полезного ископаемого и вмещающих пород (кровли, почвы, висячего, лежачего бока).

4) Вероятная водоносность в зависимости от климата местности и от условий залегания (на гребне, склоне, дне долины, на равнине), состава ископаемого (уголь почти всегда водоносен) и вмещающих пород.

5) Условия местности: а) лес, степь, пустыня, тундра, болото; б) крутизна склона и относительная высота выхода над дном долины; в) расстояние от ближайшего жилого пункта; г) качество дороги к нему (железная, шоссейная, проселочная, вьючная, пешая тропа); д) близость и качество питьевой воды (речка, озеро, пруд, колодец, источник; в последних двух случаях примерный дебит).

б) Экономические условия: а) стоимость рабочих рук на месте; б) возможность найти на месте квалифицированных рабочих (забойщиков, бурильщиков); в) стоимость провианта в соседних жилых пунктах и его доставки на место разведки; г) наличие и стоимость крепежного леса на месте или стоимость его доставки из соседней местности.

В зависимости от всех этих условий придется составлять план и смету предварительной разведки: 1) тип ее—канавы, шурфы, буровые скважины, шахты, штольни; их количество и расположение; 2) инструмент (род, количество) и водоотливные средства; 3) жилье рабочих; если жилой пункт находится на расстоянии более 2 км. от места разведки, то выгоднее купить палатки или построить барак, землянки, чтобы не тратить время и силы на хождение; 4) доставка воды, провианта, инструмента, крепи на место работ; 5) проезд технического руководителя и квалифицированных рабочих до места работ.

Все эти данные и статьи позволят составить и смету. Самое ведение работ, отчетность, оценка их результатов составляют предмет курса разведочного дела, с руководством по которому геолог, не имеющий горной подготовки, должен основательно ознакомиться, если ему придется вести разведку.

В Сев. Америке в последнее время разработан метод оценки сульфидных месторождений на основании их выходов, т. е. железной шляпы, позволяющий определить вероятный минералогический состав и ценность, т. е. возможное содержание металла. Применение этого метода позволит выбрать для разведки месторождение, действительно имеющее экономическое значение и забраковать сомнительное, т. е. избегнуть напрасной траты средств, сил и времени на разведку, почти наверно обреченную на неудачу. Этот метод должен получить обязательное применение в отдаленных или трудно доступных местностях, где всякая разведка обойдется дорого и поэтому нужна особенная осторожность со стороны геолога. Достижения американской практики изложены в статье Баженова (см. список I, № 2), в которой указана и новая литература по этому вопросу.

Геологическая документация. Этим термином я назвал в докладе на съезде деятелей по практической геологии в 1911 г. правильную и систематическую регистрацию наблюдений, производимых над забоями в разведываемых и разрабатываемых месторождениях полезных ископаемых, которая имеет большое теоретическое и практическое значение. Каждый забой в разведочных и эксплоатационных выработках представляет сочетание фактических данных большей или меньшей, иногда исключительной ценности. Между тем такой забой в огромном большинстве случаев существует очень недолго—по мере продвигания выработок вперед он исчезает, заменяясь новым, в котором никогда не повторяются все особенности предыдущего: отличие может быть несущественное, но все таки оно всегда имеется. Время проходит и о выработанных или пройденных разведкой частях месторождения остаются только смутные воспоминания у руководителя работ и у забойщиков. Но проверить

их показания невозможно и для суждения о строении исчезнувшей части месторождения, изменениях боковых пород, распределении и содержании полезного ископаемого по простиранию и падению (если не велось систематическое опробование забоев), характере его нарушений сдвигами и сбросами, вообще о всех его особенностях нет точных данных. Между тем выводы руководителя разведки о благонадежности и запасах месторождения могут подвергаться критике и сомнению, правильность ведения разведочных и эксплоатационных работ также должна быть доступна проверке, а в случае возникновения вопроса о возобновлении разведки или разработки почему либо оставленного месторождения все старые материалы о нем приобретают особенную ценность и позволят сделать правильные выводы.

В виду сказанного необходима правильная и систематическая регистрация данных, наблюдаемых во всех забоях разведываемого или разрабатываемого месторождения, причем наиболее практичной является карточная система, позволяющая быстро комбинировать наблюдения, сделанные на разных горизонтах и составлять разрезы по простиранию и падению.

Рекомендуется карточка двойная, которая имеет размеры 9×24 см, но складывается пополам, так что получается формат 9×12 см.

На лицевой стороне такой двойной карточки (из белого бристольского картона) пишутся исключительно данные, касающиеся местоположения известного забоя: название рудника, название или номер шахты, штольни или другой выработки, номер горизонта, направление забоя относительно стран света и расстояние его от определенного пункта или линии, имеющихся на плане или разрезе рудника и легко находимых; кроме того, пишется также номер, под которым в рудничной коллекции хранятся образчики, взятые из данного забоя.

На правой половине внутренней стороны двойной карточки помещается рисунок забоя, занимающий площадь 6×8 см (что при ширине забоя в 2 м дает масштаб 1/25); для наглядности его раскрашивают цветными карандашами или красками [1]) (фиг. 64).

Над рисунком пишутся те же данные, как и на лицевой стороне карточки (кроме названия рудника), справа от рисунка пишется год, месяц и число его составления и взятия проб, а также номер образчиков, слева простирание и падение жилы, боковых пород, сбрасывателя и т. п., вообще результаты произведенных измерений. Наконец, под рисунком проба или пробы данного забоя (место взятия которых должно быть отмечено на рисунке) и какие нибудь специальные примечания.

На левой половине внутренней стороны карточки дается краткое, но достаточно полное описание забоя с перечислением образчиков, обозначаемых различными буквами латинского или русского алфавита; на

[1]) Лицу, начинающему на руднике зарисовку забоев, необходимо заранее составить себе легенду условных знаков и красок, чтобы употреблять таковые на всех рисунках в одинаковом значении, иначе получится нежелательная путаница. Легенду затем можно пополнять, но изменять принятую вначале не следует.

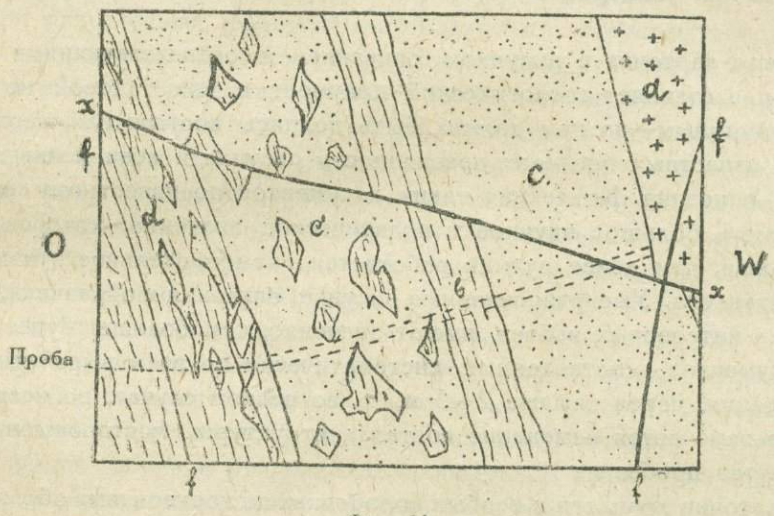
рисунке эти буквы наносятся в тех местах забоя, где взяты описываемые образчики.

Для забоя, изображенного на фиг. 64, описание будет следующее, которое приводим для примера:

Висячий бок: эпидиорит *a* раздавленный и хлоритизированный, богатый мелкими вкраплениями пирита.

Лежачий бок: зеленосерый кварцевый сланец *d* с чечевицами и прожилками вторичного кварца и примазками пирита; та же порода в промежутке между двумя ветвями жилы *b*.

Жила: кварц, в правой ветви сплошной белый *c*, в левой с многочисленными угловатыми включениями сланца лежачего бока c^1; *x—x* трещина взброса на 35 см; *f—f* трещины с зеркалами.



Фиг. 64.

На обратной наружной стороне карточки должна быть подпись лица, составлявшего рисунок и описание, месяц, число и год составления и указание кем, когда и в какой лаборатории были исполнены анализы проб, взятых в данном забое.

Образчики пород забоя не должны быть больших размеров, за исключением тех случаев, когда нужно иллюстрировать специально какую-либо особенность в самом месторождении или в боковых породах; средний формат 6,5 × 8 см вполне достаточен. Образчики должны представлять все разновидности пород, замеченных в данном забое, и обозначаются одним номером, но с различными буквами, согласно рисунку; на ярлыке, хранящемся при каждом образчике, должны быть показаны его номер, буква, год, месяц и число сбора, название рудника, выработки (шахты, штольни и горизонта) и забоя.

Хотя рисунок по точности вообще не может сравниться с фотографическим снимком, но в данном деле приходится отдать предпочтение первому. Фотографический снимок забоя хорош только тогда, когда в последнем имеются резкие световые контрасты между боковой породой

и массой полезного ископаемого; напр., белая кварцевая жила среди темных сланцев выйдет отчетливо на снимке, но охристый кварц выйдет плохо. Кроме того, все разновидности и изменения боковых пород фотографический снимок не передает, детали строения месторождения в большинстве случаев также, и вообще он иногда может служить хорошим дополнением к рисунку, чаще же будет мало поучителен или совсем бесполезен.

Если забой очень широк, то в случае необходимости изобразить его во всю ширину можно сделать карточку тройной, четверной, но во всяком случае складной того же формата 9×12 см; однообразие формата необходимо для удобного хранения и удобного пользования. Избранный формат дает также возможность наклеить фотографический снимок забоя, размером 9×12 см, на тройной карточке рядом с рисунком.

Такая карточка с рисунком, описанием и соответствующими образчиками представляет геологический документ и как таковой не может быть анонимным—на нем должна быть подпись составителя, гарантирующая в известных пределах правильность рисунка и всех данных измерения и описания. Коллекция таких документов по известному руднику будет иметь большое научное и практическое значение, которое будет тем больше, чем долее рудник работается и чем тщательнее эта коллекция составлена. Уже разрозненные рисунки, описания и образчики, напр., наиболее интересных забоев, имеют значение; тем больше будет значение документов, составленных систематически по всем выработкам месторождения, через каждые 2—5 м, и, во всяком случае, во всех пунктах, где замечается изменение состава, структуры, месторождения, или где берутся пробы.

Карточки хранятся в особых коробочках по горизонтам, образчики—в специальных шкафах, также по горизонтам выработок. От расхищения или потери карточки легко предохранить простыми приспособлениями, употребляемыми в библиотеках для карточных каталогов. Карточки месторождений выработанных или рудников упраздненных должны передаваться на хранение в Бюро Учета Геологического Комитета.

При наличности такой коллекции документов легко в короткий срок не только навести справку о составе, строении и содержании месторождения в любом пункте его выработанной части, но и составить разрезы месторождения, как горизонтальные, сопоставляя карточки того же горизонта, так и вертикальные, сопоставляя карточки разных горизонтов, но приходящиеся приблизительно на той же вертикали.

Особенное значение карточки приобретают при обилии разных нарушений—сдвигов, сбросов, удвоении при складчатости и т. п.—которые встречаются в большинстве месторождений, особенно в жильных и угольных. Встречаясь на вновь проходимом горизонте с каким либо нарушением не трудно быстро проверить по карточкам забоев из выше- (и ниже-) лежащих горизонтов, прошедших дальше по простиранию, было ли уже встречено подобное нарушение в соответствующем месте и что

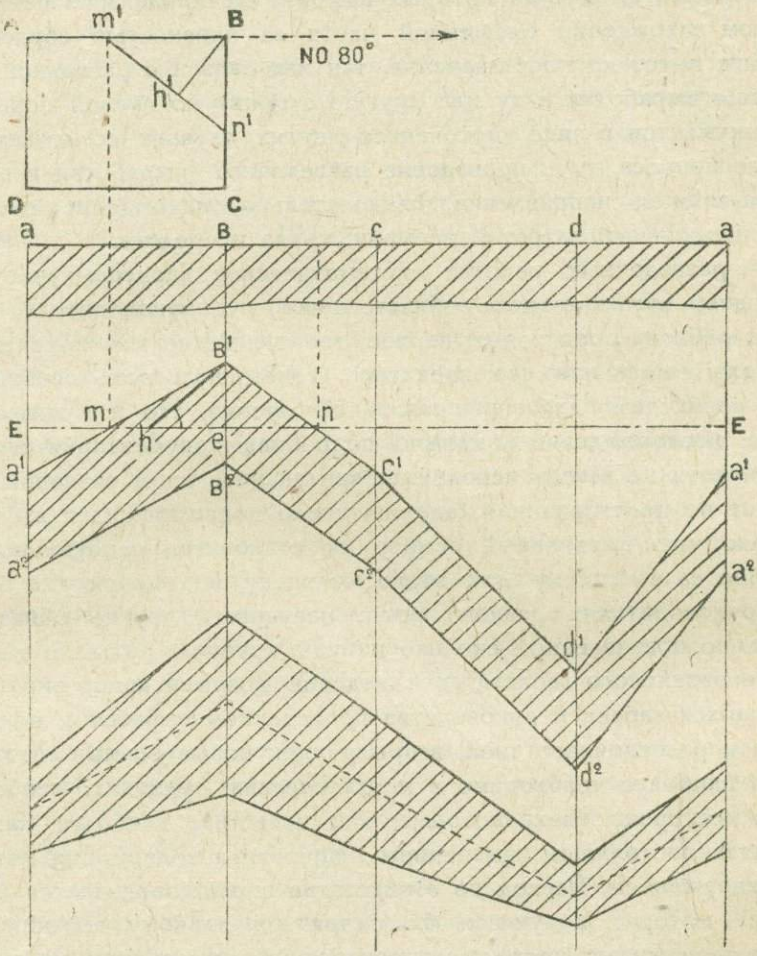
оно представляло. Таким образом, вопрос для данного забоя будет решен сразу, исключая те редкие случаи, когда встреченное нарушение является новым, т. е. не проявлявшимся выше (или ниже); но и тогда по общему характеру соседних нарушений можно сделать наиболее вероятное заключение о характере вновь встреченного. При сдвигах, сбросах и взбросах, амплитуда которых выходит за пределы забоя, вопрос о быстром нахождении смещенной части за плоскостью сбрасывателя или сдвига имеет крупное значение, так как связан с разведкой в виде проведения выработки в ту или другую сторону по пустой породе. Наличие документов в виде карточек во многих случаях облегчает решение этого вопроса, т. е. проведение разведочной выработки в надлежащем кратчайшем направлении, следовательно, нахождение смещенной части с наименьшей затратой времени, труда и средств.

При разведочных работах систематическое зарисовыванье забоев день за днем нужно считать обязательным для руководителя, так как при этих работах происходит первое геологическое изучение месторождения для выяснения его характера, генезиса и всех особенностей, которое необходимо для его правильной оценки. Но и в эксплоатируемом уже месторождении возможно подробная документация очень желательна, хотя не всегда исполнима; при значительном развитии очистных работ по простиранию и падению число подвигающихся забоев уже так велико, что ежедневный осмотр их становится непосильным даже специально назначенному для этого человеку, не говоря уже о технических руководителях разного рода, несущих и другие обязанности. В правильно поставленном сколько нибудь крупном руднике следовало бы иметь отдельного геолога для ведения документации, опробования работающихся забоев и руководства проведением выработок подготовительного и разведочного типа, вскрывающих новые участки месторождения. Это наиболее необходимо в металлических рудниках, особенно на жильных месторождениях, которые, как известно, наиболее капризны, подвергаясь постоянным изменениям мощности и содержания металла и частым нарушениям. Расход по этой статье вполне оправдается крупной экономией, которая получится благодаря правильному ведению работ; случаи потери жилы, проведения разведочных выработок не надлежащего направления, добычи слишком бедной руды сделаются невозможными.

Геологическая документация необходима при проведении поисковых и разведочных выработок не только относительно их забоев, но и относительно стенок, в которых проходятся те или другие горные породы, вмещающие месторождение. Регистрация наблюдений не сложна и требует только внимания и точности измерений.

При вертикальной выработке (шурфе или шахте) документация ведется следующим образом (фиг. 65): промер отдельных слоев или пластов проводится по четырем углам выработки и результаты наносятся на ее развертке по принятому для рисунка масштабу; зная ориентировку стенок шурфа относительно стран света, мы можем по развертке опре-

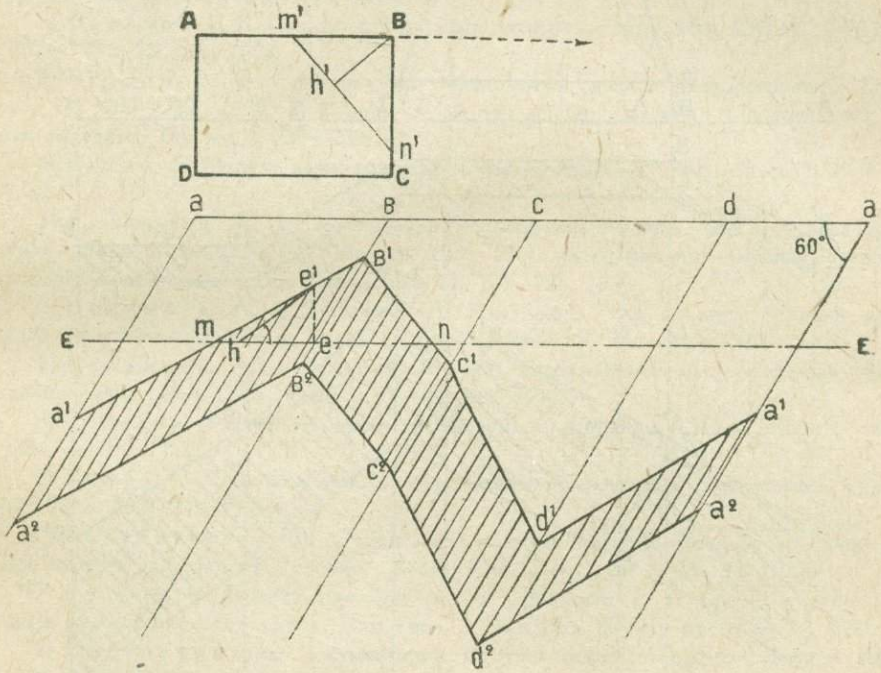
делить простирание и падение пройденных пластов, не прибегая к измерению компасом на месте, что, напр., невозможно в породах, действующих на магнитную стрелку. В наклонных выработках обмер проходимых пластов производится совершенно так же по углам, но развертка будет иметь вид параллелограмма (фиг. 66) с острым углом, соответ-



Фиг. 65.

ствующим углу наклона выработки. Места или линии (желобки) взятия проб также наносятся на развертку. При горизонтальной выработке (квершлаге, штольне), имеющей в поперечном сечении трапецоидальную форму, нужно ориентировать по странам света ее длинные стороны; развертка примет вид, изображенный на фиг. 67. Простирание пересеченного пласта получается сразу на изображении почвы нашей выработки по положению линии a^1d^1 относительно длинных сторон, ориентация которых нам известна. Если выработка заложена вкрест простирания, то линия a^1d^1 будет перпендикулярна к длинным сторонам (фиг. 67 вверху); если она заложена наискось к простиранию, то линия a^1d^1 примкнет к длинным сторонам наискось и под разными углами. Направление падения

сразу видно по тому, уклоняются ли линии b^1a^1 и d^1c^1, т. е. следы граничной линии пласта на боках выработки, от устья последней (как на фиг. 67) или к нему. Угол падения получим следующим построением: проектируем точки B и C кровли выработки на ее почву; опускаем из точки b^1 (или из c^1) перпендикуляр на длинную сторону выработки до пересечения с линиями проекции кровли в точках b^2 (или c^2); отсюда опускаем перпендикуляр b^2b^3 (или c^2c^3) на след пласта на почве выработки (или его продолжение), сносим его длину на проекцию кровли в точку b^4 (или c^4), соединяем последнюю с b^1 и угол $b^1b^2b^3$ (или угол $c^1c^2c^3$) будет углом падения пласта.



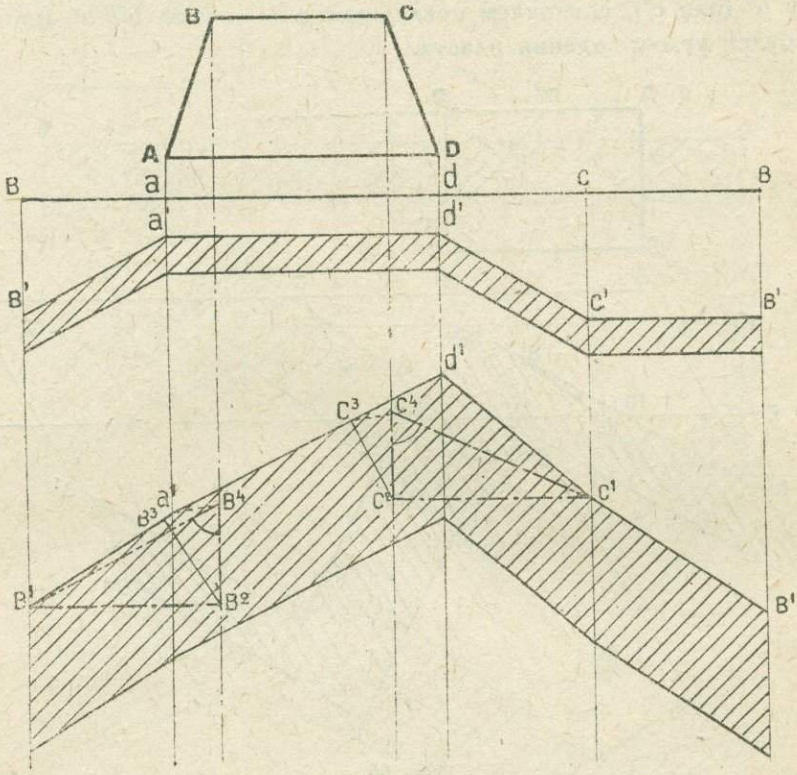
Фиг. 66.

Простирание, направление и угол падения пласта или жилы в вертикальной и наклонной выработке можно получить графически, как указано в части 1, стр. 64—65, или же следующим образом. На развертке шурфа (фиг. 65) проводим какую нибудь горизонтальную линию EE, пересекающую след пласта, напр., в точках m и n; отмечаем эти точки соответственно на горизонтальном сечении нашего шурфа в точках m^1 и n^1 (т. е. выносим их на поверхность); линия m^1n^1 будет линией простирания пласта, положение которой легко определить по ориентировке стенок (пусть азимут стенки AB NO 80°, тогда на фиг. 65 линия m^1n^1 будет иметь азимут NW 299°). Опускаем из B перпендикуляр Bh^1 на m^1n^1, который будет линией падения; отложим его длину на нашей горизонтальной линии в развертке от e до h (в сторону m или n безразлично), соединяем b с h и угол b^1he будет углом падения.

При наклонной выработке поступаем аналогично (фиг. 66): прово-

дим горизонтальную линию EE, выносим точки ее пересечением со следом пласта m и n на поверхность, находим линию падения Bh^1, откладываем ее длину от e до h. Но в виду наклона выработки восставляем из e перпендикуляр к горизонтальной линии до точки e^1 и соединив последнюю с h получим угол падения e^1he (геометрические объяснения этих построений можно найти в статье Кандыкина, № 13 списка, откуда взяты эти примеры).

Если пласт или жила, пересеченные выработкой, изменяют свою



Фиг. 67.

мощность в пределах последней, то следы верхней и нижней плоскостей напластования пласта или зальбандов жилы не будут параллельны друг другу. В этом случае все построения нужно делать не относительно верхнего или нижнего следа, а относительно некоторой средней линии, которую мы получим, разделив пополам мощности пласта или жилы на угловых линиях развертки и соединив полученные точки (см. фиг. 65, на нижней половине которой показан пласт изменчивой мощности и его средняя линия пунктиром).

В разведочном журнале, дополняющем развертку выработки, кроме обычных данных о суточной проходке, задолженности надзора, рабочих и материалов, должны быть отмечены №№ взятых образчиков (проставленные и на развертке в соответствующих местах) с описанием их и результатами проб или анализов. Чертеж развертки вместе с журналом

является полным геологическим документом, в котором можно найти все данные об условиях залегания полезного ископаемого, его качестве, мощности, кровле и почве.

Главнейшая литература

I. Поиски и оценка месторождений. Документация

(Отчасти дополнения к спискам в т. I, гл. III, IV и VIII).

1) Анискович, А. и Болдырев, А. Мензульная гипсометрическая съемка россыпей. Горн. Журн., IV, 60—73, *1914*.

2) Баженов, И. К. Выхода сульфидных месторождений. „Мин. Сырье", № 11/12, стр. 782—798 с 13 рис., *1928*.

3) Бауман, В. 1) К вопросу об определении запасов месторождений. „Горн. Журн.", IV, 209—220, *1908*. 2) К вопросу об определении падения и простирания по данным разведок. Там же, I, 239—249, *1912*.

4) Бокий, Б. Оценка каменноугольных месторождений. „Горн. Журн.", № 4—6, 1—27, *1917*.

5) Болдырев, А. 1) Организация геолого-разведочного дела в горных предприятиях. „Горн. Журн.", № 10, 812—816, *1925*. 2) О классификации запасов полезного ископаемого в месторождениях. Там же, № 11, 725—728, *1926*.

6) Болдырев, А. и Волков, Л. Измерение угла наклона буровой скважины № 14 в Меднорудянском руднике. „Горн. Журн.", II, 246—249, *1913*.

7) Болдырев, А. и Григорьев, И. Картированье месторождений полезных ископаемых. „Зап. Горн. Инст.", VII, 40 стр., *1926*.

8) Гейслер. Взятие на пробу испытуемого вещества. „Горн. Журн.", № 3, 457—464, *1900*.

9) Гефер, Г. Благонадежность месторождений полезных ископаемых. „Горн. Журн.", № 5, 235—239, *1902*.

10) Голубятников, В. Определение азимута падения слоев по колонкам пород при мелком разведочном бурении. „Вестн. Геол. Ком.", № 4, 48—50, *1925*.

11) Гудков, П. Проект инструкции для собирания и регистрации данных о коренных рудных месторождениях. Мат. Геол. и Пол. Иск. Дальн. Вост., № 16, *1921*.

12) Инструкция по документации и отчетности разведочных партий. „Изд. Геол. Ком.", Л. *1927*.

13) Кандыкин, Ф. О геологической документации при горных и разведочных работах. „Уральский Техник", № 8, *1925*.

14) Корзухин, И. Горноразведочное дело. СПБ, *1908*.

15) Котульский, В. Геологическая служба в горных предприятиях. „Горн. Журн.", № 3, 149—151, *1925*.

16) Матвеев, К. Борщовочные месторождения монацита. Мат. № 58, Комм. Ест. Пр. Сил., 64 стр., *1926*.

17) Материалы по методике опробования месторождений. (Сборник отдельн. статей.) Изд. Геол. Ком., 119 стр., *1926*. (Полное руководство по опробованию, необходимое каждому разведчику.)

18) Мухин, С. Определение стоимости месторождений. „Горн. Журн.", № 7—12, 82—92, *1917*.

19) Обручев, В. О геологической документации при разведке и разработке рудных месторождений. Тр. 2 съезда деят. практ. геол., в. 1, 194—197, СПБ, *1914* и „Рудн. Вестн.", I, № 2, 66—71, Москва, *1916*. 2) Металлогенетические эпохи и области Сибири. Тр. Инст Пр. Мин. и Мет., в. 21, 68 стр., Москва, *1926*.

20) Стопневич, А. О приборах для взятия проб жидкостей из буровых скважин. „Изв. Геол. Ком.", № 9—10, прот. 505—507, *1916*.

21) Требования Геол. Комитета к материалам по бурению скважин. „Изв. Геол. Ком.“, № 5—7, прот. 259, *1917*.

22) Трушков, Н. Экспертиза и оценка рудных месторождений. Прил. № 10, „Гор. Журн.“, 77 стр. *1922*.

23) Ховей, Э. Таблица руд, имеющих практическое значение, с указанием процентного содержания в них металлов. „Горн. Журн.“, 380—389, *1904*.

24) Чураков, А. О необходимости поисков оловянных руд в Енисейском кряже. „Поверхн. и Недра“, № 5—6 и 10—12, *1926*.

25) Юшкин, Е. Геология в применении к разведочному делу. Тр. 1 съезда деят. практ. геол., 281—290, СПБ. *1908*.

26) Эммонс, В. Введение в учение в рудных месторождениях. Перевод В. Котульского, *1925* (гл. XX о металлогенетических провинциях и эпохах).

Более или менее полные перечни месторождений полезных ископаемых СССР и литературы о них можно найти в сочинениях, указанных в т. I. гл. II, **Б**, №№ 2, 3, 4; **В**, 2, №№ 1, 2, 6; 3, №№ 3 и 12. В последнее время к ним прибавился справочник.

27) Нерудные ископаемые. Сборник, изд. Комм. изуч. ест. произв. сил СССР при Ак. Наук, 4 тома, *1926—29*.

28) Johnston, I., and Adams, L. Measurement of temperature in boreholes. Econ. Geol., XI, № 8, 741—762, *1916*.

29) Krejci, K. Erzsuche in moränenbedecktem Gebiet. „Ztschr. prakt. Geol.“, № 3, 24—28, *1924*.

30) Krusch, P. Die Untersuchung und Bewertung von Erzlagerstätten. 3-е изд., *1920*.

31) Locke, A. 1) Geology as a guide to ore. „Econ. Geol.“, XX, № 7, 691—2, *1925*. 2) Present tendencies in explorations for new mines. Trans. Am. Inst. Min. and Met. Eng., 19 p., *1923*.

32) Morse, H. and Locke, A. Recent progress with leached ore capping. „Econ. Geol.“, № 3, 249—258, *1924*.

33) Venator, W. Ueber die Berechnung und Bewertung der durch Aufschlussarbeiten in Erzgruben festgestellten Erzmengen. Met. und Erz, H. 8, *1919*.

34) Wang, C. The relation of tectonics to ore deposits. Bull. Geol. Soc. China, III, № 2, 169—182, *1924*.

35) Fersmann, A. E. Geochemische Migration der Elemente und ihre wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung. Abh. z. prakt. Geol. und Bergwirt. Halle, Bd. 18 und 19, *1929*.

II. Геофизические методы поисков и разведок.

1) Гедовиус, А. Геофизические методы поисков и разведок полезных ископаемых. „Изв. Геол. Ком.“, № 1, 13—42, *1925* (содержит полный список литературы, на который ссылаемся, делая только дополнения к нему).

2) Коленский, А. Волшебный прут и интерес к нему в XX веке. „Наука и Техника“, № 2, *1924*.

3) Нумеров, Б. Теоретические основания применения гравитационных методов в геологии. „Изв. Геол. Ком.“, № 3, 331—348, *1925*.

4) Нумеров, Б. и Кириков, А. Две заметки о гравитационном и радиометрическом способах. „Вестн. Геол. Ком.“, № 1, 38—43, *1925*.

5) Ортенберг, Д. О применении электричества для поисков и разведок полезных ископаемых. „Горн. Журн.“, № 5, 356—362, *1925*.

6) Шклярский, Ф. О некоторых явлениях, наблюдаемых при производстве электрических разведок. „Вестн. Геол. Ком.“, № 2, 55—59, *1925*.

7) Aldrich, H. Magnetic surveying on the copper-bearing rocks of Wisconsin, „Econ. Geol.“, № 6, 562—574, *1923*.

8) Born, A. Physikalische Landes-Untergrundaufnahme. „Ztschr. prakt. Geol.“, № 12, 187—190, *1926*.

9) Dé Golyer, E. Geophysical methods in economic geology. „Econ. Geol.“, № 3, 294—298, *1926*.

10) Heiland, E. Die bisherigen Ergebnisse magnetischer Messungen über norddeutschen Salzhorsten, „Ztschr. d. d. geol. Ges.“, 76, MB № 5—7, *1924*.

11) Kelly, F. Results obtained by Schlumberger method of electrical prospecting. Trans. Am. Inst. Min. Met. Eng., *1923*.

12) Kerr, P. and Cabeen, C. Electrical conductivity of ore minerals. „Econ. Geol.“, № 8, 729—737, *1925*.

13) Königsberger, I. 1) Ueber die heute mit der Drehwage von Eötvös bei Feldmessungen erreichbare Genauigkeit etc. „Ztschr. prakt. Geol.“, № 11, 169—175, *1925*. 2) Geophysikalische Nahemethoden zur Aufsuchung wasserführender Störungen bei Untertagsmessungen. Там же. № 10, 151—156, *1926*.

14) Krahmann, R. 1) Magnetische Untersuchung im Habichtswald bei Kassel als Ergänzung der geologischen Kartierung. „Ztschr. pract. Geol.“, № 1, 11—14, *1926*. 2) Die verschiedenen geoelektrischen Lagerstättenuntersuchungsverfahren in allgemein-physikalischer Hinsicht und ihre Tiefenwirkung. Met. und Erz, 23, № 9, *1926*.

15) Möller, A. Einige Ergebnisse von Elektroprospektieren auf Bleiglanz und Zinkblende. Met. und Erz, № 11, 299—301, *1926*.

16) Reich, D. Der gegenwärtige Stand und die Entwickelungsaussichten der geophysikalischen Untergrundsforschung. Met. und Erz, № 11, 281—288, *1926*.

17) Rybar, S. The Eötvös torsionbalance and its application to the finding of mineral deposits. „Econ. Geol.“, № 7, 639—662, *1923*; № 1, 84—88, *1924*.

18) Shaw, H. New method of radio-aeronautic prospecting. „Econ. Geol.“, № 4, 391—395, *1925*.

19) Lundberg, K. Die schwedischen elektrischen Schürfmethoden. Met. und Erz, № 11, 288—299, *1926*.

20) Zotz, L. Die Grenzen der Anwendungsmöglichkeit gewisser geophysikalischer Methoden zur Auffindung von Störungen. „Ztschr. prakt. Geol.“, № 5, 72—75, *1926*.

21) Zuber, S. Zur geologischen Praxis in der Erdölindustrie. Intern. Ztschr. f. Bohrtechn., Erdöl. und Geol., *1925*.

22) Известия Института Практической Геофизики ВСНХ СССР, издаваемые в Ленинграде (Горный Институт), содержат в вышедших уже томах много интересных статей по геофизическим методам разведок.

23) Ambronn, R. Elemente der Geophysik angewandt zur Untersuchung von Mineralien, Erdöl und Gas. Bd. XV von Liesegangs Wiss. Forschungsberichte, naturwiss. Reihe, Leipzig. *1926*.

24) Haalck, K. Die magnetischen Verfahren der angewandten Geophysik. Berlin, Borntraeger, *1927*.

25) Heiland, C. Suggestions for the improvement of pendulum observations. Am Geophys. Union, Bull. Nat. Res. Council, Nr 61, *1927*.

26) Heine, W. Elektrische Bodenuntersuchung, ihre physikalischen Grundlagen und ihre pracktische Anwendung. Berlin, Borntraeger, *1928*.

27) Geophysical prospecting. Papers anb discussions presented at meetings held at New York and Boston, *1928*. „Amer. Inst. Min. and Met. Eng.“, 667 pp. New York, *1929*.

(Доклады о разных геофизических методах, обсуждение их и критика; обильная иллюстрация).

В отчетах о заседаниях международного геологического конгресса 1926 г. в Мадриде помещено много новых описаний геофизических методов и их применения к разведкам (CR du Congr. Géol. Intern. Madrid, f. 4, p. 1589—1853).

В Будапеште с 1926 г. издается журнал „Geophysikalische Forschungen“, помещающий статьи об этих методах и их применении.

ГЛАВА XVII

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СВЯЗИ С ИНЖЕНЕРНЫМИ РАБОТАМИ

Очень важное практическое значение имеют геологические исследования в связи с разнообразными инженерными работами, которые все так или иначе по основанию, на котором возводятся различные сооружения или по материалу, употребляемому для последних, имеют дело с горными породами и геологическими процессами, происходящими на земной поверхности. Игнорирование качеств горных пород и почв и процессов, которым как сами сооружения, так и основания их будут подвергаться, обусловливает разнообразные ошибки и недостаточную долговечность и прочность сооружений, влекущую нередко за собой более или менее крупные катастрофы, всегда приносящие материальный ущерб, а нередко и гибель людей. Все это побуждает к особенно внимательному отношению к геологическим исследованиям, предпринимаемым в связи с инженерными работами.

Горные породы как строительные материалы. Горные породы употребляются для различных сооружений: 1) в виде более или менее крупных кусков—для бута, облицовочного и цокольного камня, кровель, лестниц, тротуаров и мостовых; 2) грубо раздробленные в щебень—для балласта, шоссе и бетона; 3) измельченные в мелкий порошок—для различных цементов. В виду такого разнообразного назначения и оценка пригодности той или другой породы должна быть различной.

Камень, употребляемый для наружных частей сооружений, подвергающихся сильному влиянию атмосферных агентов, должен прежде всего хорошо сопротивляться вредному влиянию колебаний температуры, увлажнения и высыхания, замерзания воды в порах и трещинах, действия кислорода и углекислоты. Камень, употребляемый для сооружений или частей их, подвергающихся сильному давлению, напр., в фундаментах машин, в цоколях, в устоях мостов, не должен содержать незаметных трещин, которые обнаружатся и будут расширяться, особенно если сооружение подвергается сотрясениям (движение поездов, работа машин). Камень, идущий на подводные части сооружений (в устоях мостов, в плотинах, каналах), должен хорошо сопротивляться выщелачиванию и растворению. Камень, назначенный для лестниц, тротуаров и мостовых, не должен быстро снашиваться (истираться, крошиться) от движущихся по нему предметов и в зависимости от рода таковых (напр., камень внутренних лестниц подвергается только трению и давлению людских ног, камень наружных лестниц и тротуаров кроме того еще скоблению железными инструментами зимой, камень мостовых—трению и ударам подков и колес, т. е. должны быть прочнее); кроме того камень для этих сооружений не должен быстро полироваться от трения, т. е. делаться слишком скользким. Вообще же камень, подвергаемый обтеске для придания ему определенной формы, должен сравнительно легко

обрабатываться, иначе он будет стоить слишком дорого. Камень, употребляемый для кровель, должен легко раскалываться на ровные, крупные плиты, но не крошиться и выдерживать вредные влияния атмосферных агентов.

При изучении выхода на поверхность горной породы, которую предполагается употребить в качестве строительного материала, необходимо обратить внимание на следующее:

1) **Глубину и характер выветривания:** во что и на какую глубину превращается порода при выветривании; как изменяются ее составные части в отношении цвета и твердости. Начало выветривания обнаруживается образованием так называемой корки, которая иногда бывает темнее свежей породы, иногда же светлее, но всегда мягче, землистого вида. В породах, содержащих соединения железа в виде сульфидов, силикатов или окислов, корка имеет желтый, бурый или красный цвет благодаря образованию гидрокисей железа и этот цвет тем гуще, чем соединений железа больше. Темные породы, содержащие органические вещества (битуминозные песчаники, известняки, глинистые сланцы) при выветривании бледнеют. На известняках, содержащих окаменелости, последние рельефно выступают. Сильное развитие корки, распространение ее на большую глубину, сильная размягченность породы в этом слое, тем более превращение ее в дресву, среди которой сидят в виде отдельных глыб или ядер сохранившие еще свою связность участки— все это свидетельствует о малой устойчивости, негодности для долговременных сооружений.

2) **Развитие трещин.** Трещины эндо- и экзокинетические всегда наблюдаются в обнажениях. Если они рассекают горную породу на плиты или глыбы достаточно крупной величины, они являются полезными, облегчая добычу. Слишком же частое расположение трещин делает породу негодной для добычи крупными кусками и, может быть, годной только для бута и кубиков для мостовых. Нужно выяснить тип трещин, расположение их, расстояния между ними, влияние на выветривание. Кроме явных трещин порода может быть рассечена еще скрытыми, которые обнаруживаются при легких ударах молотком; если порода под последними рассыпается на осколки или дресву, ее неустойчивость обнаруживается сразу, несмотря на то, что на первый взгляд она кажется достаточно свежей и разбитой только редкими трещинами. Среди трещин отдельности (эндокинетических) различают пластовую, плитняковую, полиэдрическую, столбчатую и шаровую; в гранитах матрасовидная и бочковидная соответствуют пластовой и полиэдрической, трещины которых расширены к поверхности, а ребра и углы плит и глыб округлены выветриванием. Расслоение поверхности пород на тонкие слои благодаря сильным колебаниям температуры в пустынях и в арктическом климате не может служить признаком их негодности для сооружений, так как это процесс очень длительный и даже самые прочные породы подвергаются ему.

3) **Равномерность текстуры** породы имеет большое значение для

устойчивости; обилие шлир, крупных выделений, включений и вкраплений, секреций и конкреций делают породы малоустойчивыми, как равно и очень крупное зерно и катакластическая текстура. Более устойчивы породы ровно- (средне- и особенно мелко-) зернистые. Вредны обильные вкрапления пирита и других сульфидов, легко окисляющиеся с выделением серной кислоты, разрушающей и окружающие минералы. Такие вкрапления создадут на поверхности сооружения некрасивые ржавые пятна охр, превращающиеся затем в углубления.

4) **Состав цемента** в обломочных породах имеет существенное влияние на прочность; цемент глинистый, известковый, охристый свидетельствует о малой устойчивости, кварцевый, кремнистый обусловливает прочность.

5) **Пористость** горных пород способствует пропитыванию их водой, которая остается в порах и делает здания сырыми; породы с порами неодинаковой величины сильно разрушаются при замерзании воды, тогда как мелко- и равномерно-пористые устойчивы. Пористость уменьшает также сопротивление пород давлению. Поэтому пористые породы вообще не годятся для тяжелых сооружений и нижних частей высоких зданий. Зато они являются менее теплопроводными, чем плотные и значительно легче обрабатываются и легче по весу. Поэтому для известных сооружений они очень пригодны при условии наружной и внутренней штукатурки и изоляции от грунтовой воды слоем гидравлического цемента[1]).

В дополнение к осмотру обнажения необходимо механическое испытание горной породы, назначаемой для ответственных сооружений или их частей, которые будут подвергаться сильному давлению, действию атмосферных агентов или периодическим сотрясениям. Для этого нужно брать образчики совершенно свежей породы достаточной величины, чтобы из них могли быть приготовлены кубики размером в $6\times6\times6$ или $8\times8\times8$ см в механической лаборатории, производящей испытание на раздробление, истирание, замораживание и т. п. Эти образчики должны быть взяты лицом, изучавшим обнажение в вышеуказанных отношениях и признавшим его подходящим для устройства каменоломни. Образчики, доставленные кем либо другим, не могут считаться достаточным для окончательного определения пригодности породы, так как по ним нельзя судить о глубине и характере выветривания и развития трещин.

При оценке обнажения в качестве места будущей добычи какого либо строительного материала, кроме вышеуказанных наблюдений нужно еще принимать во внимание условия, от которых зависит **легкость добычи и вывоза**. Первая определяется условиями залегания—напра-

[1]) Подробности об изучении горных пород как строительных материалов см. у Богдановича (список II, № 5), Германна (№ 9) и Гиршвальда (№ 10—2)—основных сочинениях по этому вопросу. Подробную сводку дает также руководство Редлих-Терцаги-Кампе (на стр. 138—189, а об оценке и разработке каменоломен на стр. 294—304).

влением падения плоскостей напластования и трещин, позволяющим получение плит или глыб известного размера. Пласты или трещины, полого падающие вглубь будущей каменоломни, затрудняют послойную добычу, падающие круто вглубь, круто или полого вперед или вбок—облегчают ее. В зависимости от этого должна быть намечена и закладка выемки с той или другой стороны. Легкость разработки зависит и от рельефа; выгоднее закладывать выемку на склоне, а не на дне долины или на равнине, так как добытый камень в первом случае придется спускать вниз, во втором—поднимать вверх. Кроме того на склонах особенно более крутых, слой наноса и разрушенной породы, подлежащие уборке, всегда гораздо меньше, чем на дне долин или на равнинах. Наконец, отвод воды со склона легок и не требует водоотливных устройств.

Необходимо также выяснить расположение будущего места добычи строительных материалов относительно путей сообщения сухопутных и водных, отдаленность ближайших станций или пристаней, возможность устройства подъездной ветки, декавильки, колесной дороги; близость населенного пункта для жилья рабочих или необходимость постройки бараков; условия водоснабжения их.

При определении ценности месторождения известную роль играет и **чистота** горной породы; появление негодных в качестве искомого материала прослоев, пластов, жил, обилие шлир, конкреций, секреций, включений, нарушающих нормальное строение, мешает правильной разработке и дает лишний отброс, требующий уборки. Штини (список III, № 37—2) дает указания как следует предвидеть и избегать пояса раздробления в каменоломнях, вредные для добычи.

Горные породы, назначенные для облицовки и вообще ответственных сооружений или их частей, должны быть изучены и под микроскопом, для чего следует брать образчики для шлифов из осколков куска, отправляемого на испытание в механическую лабораторию. Микроскопическое и механическое исследование в совокупности определят строение, зернистость, сцепление зерен, обрабатываемость, снашиваемость, делимость, прочность, размягчаемость, уд. вес и плотность, стойкость на выветривание, водопроницаемость и влагоемность, воздухопроницаемость теплопроводность, нагреваемость, полируемость, огнеупорность изучаемой породы (подробности см. Штини-Мушкетов, 217—229).

В качестве облицовочного камня и вообще для ответственных частей сооружений наиболее подходящими являются: средне- и мелкозернистые гнейсы, граниты и сиениты не слишком богатые биотитом, роговой обманкой, пироксеном; мелкозернистые диориты, диабазы; порфиры и порфириты без крупных выделений; мелкозернистые базальты; мелкозернистые кварцевые песчаники и кварциты; плотные и мелкокристаллические известняки (но не для подводных частей); грубопористые ракушечные известняки (инкерманский, керченский в Крыму) и пористые вулканические туфы и лавы—для невысоких зданий или только для верхних 1—2 этажей высоких домов, но не для устоев мостов, фундаментов машин и, понятно, подводных сооружений.

Для **бутового** камня, который идет на фундаменты, и реже, внутренние части стен, требования понижаются, так как он сплошь заливается цементом и подвергается только слабому воздействию атмосферных агентов; главное требование—чтобы бут выдерживал предполагаемое давление не раздробляясь или рассыпаясь. Если цемент будет не гидравлический, то обильные вкрапления сульфидов вредны и для буты.

Для **лестниц** предпочтительны породы более мягкие, легко обделываемые—достаточно прочные песчаники, известняки, мраморы; для наружных и внутренних лестниц общественных зданий (вокзалов, музеев, клубов и пр.) применяют и кристаллические породы, более устойчивые и красивые, но и более дорогие благодаря трудной обделке и более тяжелые, т. е. требующие более прочного основания.

Для **тротуаров** нужны породы, легко обрабатываемые, т. е. более дешевые, но не слишком быстро изнашивающиеся и не полирующиеся: песчаники, известняки, редко гнейсы.

Для **мостовых** булыжных идут валуны всяких достаточно твердых пород небольшой и средней величины (10—15 см в диаметре); но неровность таких мостовых и необходимость частой перестилки обусловили переход к мостовым из тесаного камня в виде кубиков; для последних годятся средне- и мелкозернистые граниты, сиениты, диориты, мелкозернистые базальты, диабазы, но не кварциты, которые слишком тверды, поэтому полируются и становятся скользкими.

Для **кровель** хороши только тонко- и равнослоистые аспидные и кровельные сланцы, бедные известью или лишенные ее; это могут быть глинистые сланцы (преимущественно), филлиты, кремнистые, слюдисто-глинистые, углистые.

Балласт на полотне железных дорог не подвергается давлению, для него годятся любые горные породы, не рассыпающиеся в дресву или песок от атмосферных влияний; годятся также и мелкий галечник и крупный гравий.

Шоссейный щебень, наоборот, должен выдерживать давление колес и копыт; поэтому для него лучше породы более твердые, кристаллические, но не мягкие песчаники, мергели, глинистые сланцы; ради дешевизны во многих местах употребляют плотные известняки, но они, легко раздробляясь, дают много пыли в сухую и грязи в мокрую погоду; из известняков предпочтительны кремнистые и кварцевые.

Материалы для дорог стали тщательно изучаться только недавно, когда убедились, что долговечность дороги и наименьшая стоимость ремонта зависят от качества и от соответствия материала его назначению. В обнажениях нужно обращать особенное внимание на трещиноватость породы (присутствие скрытых трещин, обнаруживающихся при ударе). В лаборатории материал подвергается физическому исследованию—определяется снашивание, вязкость, твердость, цементирующие свойства, уд. вес и влагоемкость. Петрографическое исследование позволяет быстро, даже в поле, указать годность или негодность материала, так как минералогический состав, текстура и вторичные изменения

играют большую роль; более тщательно под микроскопом материал, признанный в поле вообще годным, исследуется в лаборатории. Практические испытания различных материалов производятся на опытных участках дорог. В рыхлых материалах—гравии, песке—определяют еще величину зерен, объем пор и степень загрязнения посторонними веществами (см. список II, № 12).

В северной половине европейской части СССР, подвергавшейся оледенению, большую роль в качестве мостового, шоссейного и балластного материала играют **эрратические валуны** финляндских кристаллических пород, рассеяные по поверхности или заключенные в валунной глине; это объясняется тем, что коренные породы многих местностей являются слишком непрочными для указанных целей, представляя глины, мергели, рыхлые песчаники, глинистые известняки. Перед исследователем в такой местности может возникнуть своеобразный вопрос о подсчете запаса эрратических валунов на известной площади. При решении его нужно различать ровные площади, занятые отложениями поддонной морены, и холмистые, представляющие конечные морены и, иногда, озы. На первых нужно сначала определить количество валунов, лежащих на поверхности, т. е. могущих быть добытыми без раскопок; для этого выбирают на данной площади в разных местах несколько участков одинаковой величины, напр., в 25 м², но с различной по внешности густотой рассеяния валунов и на каждом из них собирают последние в коническую кучу, объем которой не трудно смерить. Взяв среднее из полученных объемов и помножив его на отношение всей площади к 25 м², мы получим запас валунов, рассеянных на поверхности. Для определения запаса в поверхностном слое почвы, удобном для легкой добычи, напр., с 1 м толщины, нужно заложить на площади в разных местах несколько шурфов в 2×2 м, глубиной в 1 м, и определить в каждом из них объем добытых валунов; среднее из этих данных, помноженное на отношение всей площади к 4 м², даст весь запас. Наконец, в холмистой местности, где конечные морены состоят главным образом из валунов, придется закладывать шурфы одни на холмах, другие в промежуточных впадинах, доводить те и другие до почвы валунного слоя и подсчитывать опять среднее, принимая во внимание и глубину шурфов. Если рельеф выражен резко, т. е. холмы или гряды имеют значительные размеры, то шурфовка и подсчет могут ограничиться одним холмом или грядой, удобными для добычи и представляющими достаточный запас; в этом случае можно будет вычислить и объем самой возвышенности.

При всех этих определениях валуны, которые меньше кулака, во внимание не принимаются и не собираются. Из подсчета должны быть исключены те участки местности, которые заняты озерами или болотами, так как они не годятся для добычи.

Цементы. Материалы для разных цементов, связывающих кирпичи или камни кладки в сплошную массу, имеют крупное значение в строительстве, в особенности в виду распространения железо-бетонных со-

оружений и торкретирования деревянных, применяемого также для охранения крепи в горных выработках от гниения и огня. Поэтому поиски материалов для цементов входят в задачу геолога.

Цементы, как известно, разделяются на воздушные и гидравлические.

К воздушным цементам принадлежат известь и алебастр. Материалом для получения **извести** служат известняки; пригодными для этой цели являются как чистые, так и доломитовые известняки, но не кремнистые или глинистые; небольшая примесь SiO_2 и Al_2O_3 в сумме не более 10% допустима, но делает известь „тощей", а более значительная—гидравлической; примесь щелочей и окислов железа вредна, обусловливая спекание при обжиге; железо портит также цвет известки; битуминозность не мешает, так как органические вещества при обжиге выгорают. Известняк обжигается при температуре не выше 1.200° Ц. и не ниже 900° Ц. В присутствии водяного пара температура может быть понижена до 790° Ц., поэтому дрова для обжига лучше, чем уголь, так как содержат больше воды. Бракование доломита для выжига извести есть предрассудок: обожженный доломит гасится медленнее, чем известняк, поглощает меньше воды, меньше нагревается, меньше расширяется при гашении, меньше садится и сокращается при остывании, схватывает кладку медленнее, но держит крепче. Недожженная чистая известь в этих отношениях похожа на него, пережженная также действует медленнее. Различают следующие сорта извести: высокосортная с 0—5% MgO; магнезиальная с 5—25%, доломитовая с 25—45% и супердоломитовая—свыше 45% MgO. Магнезиальная известь называется „тощей" или „серой"; при гашении она меньше увеличивается в объеме чем чистая или „жирная" (белая), в кладке твердеет и схватывает медленнее, но обладает некоторыми гидравлическими свойствами, зависящими от содержания $SiO_2+Al_2O_3$. Для выяснения точных качеств известняка как материала для извести, нужен анализ; значительная примесь глины узнается по запаху, кремнезема—по твердости, магнезии по слабому вскипанию с HCl (доломит вскипает только в порошке или в горячей HCl).

Алебастр представляет чистый гипс, обожженный при 120—150° Ц.; в смеси с водой он также схватывает. Примеси глины или кремнезема понижают быстроту схватывания. Пережженный выше 150° Ц. алебастр не схватывает, но если его нагреть до 480° Ц. и затем мелко измолоть, то получается цемент, схватывающий очень медленно, но за то очень прочный и особенно пригодный для штукатурки потолков.

Гидравлические цементы отличаются от воздушных содержанием Al_2O_3 и SiO_2 в извести, повышение которого уменьшает способность последней гаситься с водой, но развивает в ней гидравлические свойства, т. е. непроницаемость для воды и нерастворимость в ней. В зависимости от материала различают:

Гидравлическая известь с содержанием SiO_2 13—17%, Al_2O_3+

+Fe_2O_3 редко более 3%; получается при обжиге кремнистоглинистых известняков при температуре не выше 1.200° Ц.; в виду значительного содержания CaO она гасится и распадается в порошок, как известь, но медленно; схватывает также медленно и держит слабо, если не смешана с песком. Употребляется мало.

Романский или естественный цемент получается из глинистых известняков и мергелей с 15—40% глины; содержание MgO различно и доходит до 24% (так как здесь оно не вредно, как в портландском цементе). Он обжигается при температуре темнокрасного каления, затем размалывается в красно-бурый порошок. Он быстро схватывает, но держит менее крепко, чем портландский; он употребляется в смеси с песком 1 : 1 до 1 : 6 главным образом для железобетонных сооружений.

Состав: CaO 47,8—58,9%; MgO 1,7—24,3%; SiO_2 5,8—28,8%, Al_2O_3 1,5—7,2%; Fe_2O_3 4,8—20,8%.

Портландский цемент представляет искусственную смесь 3 частей чистой извести с 1 частью жирной глины или же мергель соответствующего состава; после обжига в том и другом случае размалывается в серо-зеленоватый порошок. В глине содержание SiO_2 должны быть не ниже 55%, лучше 60—70%; MgO и щелочей должно быть не более 3%; отношение Al_2O_3 + Fe_2O_3 к SiO_2 = 1 : 3. Известняк для портланда не должен быть кремнистый или доломитовый, не должен содержать больше 2—3% пирита (т. е. не выше 1,5% серы). Портланд употребляется для подводных сооружений, он схватывает медленнее, но держит крепче романского.

Пуццоланы и трасс представляют вулканические туфы, которые, измельченные в порошок, имеют свойство в смеси с известью давать без обжига гидравлический цемент, оказавшийся наиболее устойчивым в морской воде. Они содержат SiO_2 44—56%, Al_2O_3 15—20%, Fe_2O_3 5,5—12%, CaO 1,7——8,8%, MgO 1—5,5%, щелочей 2,6—9% и H_2O 3—9%. Вулканический материал может быть отчасти заменен шлаком доменных печей. У нас огромные запасы трасса имеются на горе Карадаг в Крыму. Возможно нахождение аналогичных материалов в вулканических районах Кавказа и Дальнего Востока.

Соррельский цемент представляет обожженный при 800—1.100° Ц. магнезит, который гасится раствором хлористого магния и дает при затвердевании мраморовидную массу; прибавлением красок ей придают различные цвета и употребляют для внутренних отделок зданий вместо мрамора. Для наружных работ он не годится, так как легко выветривается.

При поисках материалов для гидравлических цементов в виде известняков, мергелей и глин нужно определять запасы таковых, условия добычи и транспорта и брать образчики для анализов, которые только и выяснят пригодность. Результаты анализов оцениваются по так называемому **гидромодулю**, определяющему достоинство материала.

Американский гидромодуль представляет формулу

$$\frac{2{,}8\ SiO_2 + 1{,}1\ Al_2O_3 + 0{,}7\ Fe_2O_3}{CaO + 1{,}4\ MgO} = 0{,}7 - 2 = \frac{a}{b}.$$

Модуль 0,3—0,7 указывает, что данный материал даст слабую гидравлическую известь; 0,7 — 1,0 — лучшую; 1 — 1,15 — портланд-цемент; 1,15 — 1,6 — романский; 1,6 — 2,0 — низкий известковый.

Чтобы показать, как пользоваться гидромодулем для определения сколько частей найденных нами известняка и глины нужно смешать для получения желаемого нами сорта цемента, приведем пример подсчета.

Анализы известняка и глины дали:

Глина	в процентах	Известняк	в процентах
SiO_2	61,9	CaO	52,4
Al_2O_3	16,6	MgO	5,7
Fe_2O_3	7,8	SiO_2	3,4
CaO	2,0	Al_2O_3	4,2
MgO	1,6	Fe_2O_3	1,3
$K_2O + Na_2O$	3,6	$K_2O + Na_2O$	0,8
SO_3	следы	SO_3	0,2
H_2O	6,5	H_2O, CO_2	32,0

Для глины числитель a гидромодуля будет $173{,}3 + 18{,}3 + 5{,}5 = 197$; знаменатель b будет $2 + 2{,}2 = 4$. Для известняка a будет $9{,}5 + 4{,}6 + 0{,}9 = 15$; $b = 52{,}4 + 8 = 60$.

Для известняка берем $b - a = 45 = m$; для глины берем $a - b = 193 = n$.

На одну часть глины полагается брать $\frac{n}{m}$ извести; у нас $\frac{n}{m} = \frac{193}{45} = 4$. Всегда вычитают 10% на прочность, т. е. вместо 4 берем 3,6. Следовательно, на 1 часть глины возьмем 3,6 известняка. Тогда гидромодуль нашей смеси получится такой:

$$\frac{197 + 15 \cdot 3{,}6}{4 + 60 \cdot 3{,}6} = \frac{251}{220} = 1{,}14.$$

Наша смесь даст портланд-цемент. Если бы в результате этих вычислений гидромодуль получился 0,8, то найденные породы годятся только для лучшей гидравлической извести; если бы получился 1,5, то для романского цемента.

Русский гидромодуль проще; для портландского цемента его формула следующая: отношение

$$\frac{CaO + K_2O + Na_2O}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

должно быть не больше 2,2 и не меньше 1,7, чтобы материал годился для цемента. В анализах количество MgO не должно превышать 3%, SO_3 1,75% и посторонних веществ 2%.

Если, напр., найденный нами мергель не дает гидромодуль 1,7—2,2, то удовлетворительный результат можно получить подмесью известняка или песчаного мергеля. Напр., мы нашли меловой известковый песчаник, содержащий 25,18 SiO_2; 3,20 $Fe_2O_3 + Al_2O_3$; 39,25 CaO и 2,12 щелочей. Его гидромодуль будет $\frac{39,25+2,12}{25,18+3,2} = \frac{41,37}{28,38} = 1,45$, т. е. для портланд-цемента он не годится, так как слишком беден известью. Но в той же свите есть пласты нечистого мела, содержащего 6,72 SiO_2; 2,28 $Fe_2O_3 + Al_2O_3$; 50,45 CaO и 1,63 щелочей; его гидромодуль будет $52,08 : 9 = 5,78$. Он также не годится для портланд-цемента, так как слишком богат известью. Если же прибавить одну часть его на 5 частей мелового песчаника, мы получим гидромодуль 2,17, т. е. смесь обоих пород годится для портланд-цемента. Но в той же свите есть пласты мелового мергеля, который непосредственно годится для портланд-цемента, судя по его анализу: SiO_2 17,4%; $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ 4% CaO 42,15% и щелочей 1,85%. Гидромодуль 2,05.

Этот пример взят из района цементных заводов у ст. Амвросиевки в Донецком бассейне и основан на анализах разных членов верхне-меловой свиты, которые идут в большом количестве на изготовление цемента.

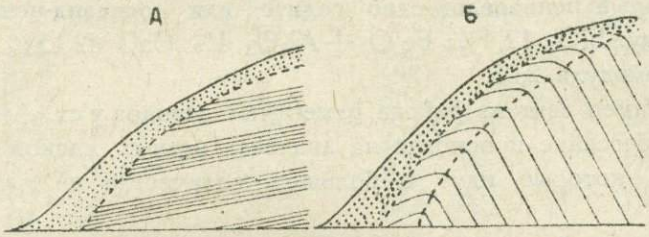
В последнее время в строительстве все большее значение получают смеси из асбеста самых низких сортов, т. е. с коротким волокном, магнезита и инфузорной земли (трепела), дающие прекрасный материал—огнеупорный, плохо проводящий звук и теплоту—для изготовления фанеры для перегородок, плиток для полов, штукатурки, водо-, нефте- и газопроводных труб. Поэтому месторождения этих полезных ископаемых также должны изучаться в качестве ценных строительных материалов с определением условий залегания, условий добычи и транспорта и запасов. Подробнее о цементах, а также об огнеупорных материалах см. в руководстве Редлих-Терцаги-Кампе (стр. 201—227).

Определение устойчивости грунта. При возведении тяжелых сооружений (каменных зданий, плотин, устоев мостов, фундаментов крупных машин и т. д.) первым вопросом, который должен быть разрешен инженером, является вопрос об устойчивости грунта, на котором данное сооружение покоится. Недостаточно внимательное отношение к этому вопросу может обусловить непрочность сооружения постоянные расходы на его ремонт вследствие неравномерной осадки стен, а в иных случаях даже разрушение их. Необходимо тщательное исследование местности и выяснение состава и условий залегания горных пород; при недостатке естественных обнажений нужно прибегнуть к шурфовке или бурению, причем нельзя ограничиться только той глубиной, на которой будет заложен фундамент, а нужно идти дальше в зависимости от характера местности, ее уклона и обнаруженного состава и строения.

Хотя тяжелые сооружения возводятся не геологами, а инженерами разных специальностей (военными, транспорта, архитекторами), но и

геологу должны быть известны основные требования, так как геологи нередко привлекаются в качестве экспертов как при предварительном изучении грунта и выборе места для сооружения, так и в случае катастроф, постигших постройку.

Безусловно нельзя возводить тяжелые сооружения на осыпях, оползнях, плывунах, торфе, болотах, гипсовой почве без соответствующего укрепления этих ненадежных грунтов, причем таковое обыкновенно настолько дорого и сложно, что в громадном большинстве случаев предпочтителен выбор другого места для сооружения. Следует браковать не только место современных или старых оползней, но и вообще косогор, на котором по условиям состава и залегания горных пород оползни могут начаться под действием дополнительной нагрузки, представляемой тяжелым сооружением, напр., где пласты полого падают наружу (фиг. 68 *А*).



Фиг. 68.

Устойчив только склон с горизонтальным залеганием пластов, с крутым падением их наружу, с пологим или крутым падением внутрь. Но во всяком случае косогор должен быть исследован на глубину большую, чем глубина фундамента, так как может случиться, что в глубине пласты падают не в ту сторону, как с поверхности вследствие загиба их голов (в седле антиклинали или вследствие движения делювия) и склон, на первый взгляд неустойчивый, может оказаться вполне устойчивым если снять всю толщу загнутых голов (фиг. 68 *Б*), на которой основывать сооружение, конечно, нельзя.

Исследование устойчивости грунта производится в местах под всеми углами сооружения, а если последнее занимает значительную площадь, то и в промежутках под наружными и внутренними капитальными стенами, в особенности если шурфы или скважины под углами обнаружат неодинаковое строение почвы. На ровной местности в большинстве случаев здания возводятся не на коренных породах, а на четвертичных наносах, которые нередко являются водоносными. Поэтому и необходимо углублять шурф или скважину не менее, чем на 2 м глубже основания фундамента, так как под нетолстым пластом глины или сухого песка, гравия, галечника, которые устойчивы, может залегать плывун, торф, вообще неустойчивый грунт. Водоносность в известных пределах увеличивает устойчивость песка, а затем уменьшает ее, так как песок превращается в плывун; она уменьшает устойчивость глины, которая начинает разбухать, а затем при известном проценте влажности превращается в текучую массу, выдавливаемую из под сооружения; этот процент у

суглинков 20—56%, у жирных глин 87%, среднежирных 69% и тощих 39,7%.

Нагрузка, которую выдерживают различные породы, в кг на см² следующая:

Ил, торф, болото	0
Мокрый песок, плывун	0 —2
Песчано-глинистые юные наносы	0,8—1,6
Мокрая глина, в зависимости от содержания воды.	0,5—2
Сухой суглинок	3 —4
Сухая плотная глина	3 —7
Нечистый влажный мел без кремней	1,1—1,6
Белый мел с кремнями	2,2—3,3
Плотный чистый песок (морской, речной)	4,5—5,5
Гравий с песком при глубине основания до 6 м	3 —5
То же при глубине более 6 м.	6,5—7,5
Щебень или чистый гравий, залегающие плотной массой	6,5—8,5
Песчаник рыхлый, раздавливаемый рукой	1,5—2
Мягкие породы (туфы, трахиты, филлиты, слюдяные сланцы, песчаники средней твердости, мергели, катакластические граниты, известняки)	7 —15
Твердые породы (граниты, плотные известняки, кварциты и пр.)	20 — 50

Испытание устойчивости наносов, рыхлой почвы производится на дне рва, вырытого для фундамента, посредством нагрузки гирями определенного веса на чугунную квадратную площадку известной площади. Архитекторы употребляют также железный треног с подвижным вертикальным стержнем, на широкую верхнюю площадку которого ставят гири; его нижний конец имеет сечение в 4 см² и под влиянием нагрузки может углубляться в почву, определяя ее сопротивление. Если грунт оказывается при этом опыте несколько неустойчивым, то устойчивость его может быть достигнута некоторым расширением основания фундамента, чтобы распределить нагрузку на большую площадь. Если это недостаточно—прибегают к трамбовке щебнем, забивке свай, укладке рядей из бревен—в зависимости от тяжести сооружения и состава грунта. Давление, которое будет производить сооружение с его населением на единицу площади основания, вычисляется инженером, ведущим постройку, и не должно превышать цифры, приведенные выше (см. список III, № 36).

Исследование почвы, как основания для разных сооружений, подробно изложено в руководстве Редлих-Терцаги-Кампе (стр. 304—351 и 465—506).

Геологические исследования при постройке путей сообщения имеют большое практическое значение. В необходимости таких исследований уже перед постройкой, одновременно с изысканиями направления пути, инженеры убедились после целого ряда ошибок, сделанных при сооружении железных дорог в Западной Европе и у нас и вызывающих крупные затраты на постоянный ремонт или даже необходимость перенесения целого участка дороги на другое место. Поучительные описа-

ния можно найти в литературе (см. список III, № 9, 15, 17, 21, 27, 28, 32, 33, 36, 40).

Геологические исследования в связи с изысканиями трассы (пути) сообщения должны доставить следующие данные: 1) Общее геологическое строение всей местности, по которой пройдет дорога, если оно не известно уже достаточно из литературы. 2) Детальное геологическое строение ближайших окрестностей пути (на несколько километров в обе стороны) с обращением особенного внимания на тектонику и ее влияние на технические свойства горных пород. 3) Описание рельефа и объяснение его генезиса: возвышенных форм с их современной поверхностью и остатками древней, обрывами, уступами и пр., форм долин, наличности древних сухих долин, занесенных долин и впадин, продольных и поперечных уступов, ущелий, террас, морен, обвалов, осыпей, конусов выноса и т. п. 4) Водоносность, в особенности источники на склонах, распространение влажных, мокрых и заболоченных площадей, старых торфяников на склонах, и на дне долин, на равнинах. 5) Устойчивость горных пород вдоль предполагаемого пути, наличие оползней, обвалов; угрожаемость со стороны возможных обвалов, силей, наводнений, лавин. 6) Растворимость и обрабатываемость горных пород, подлежащих уборке при постройке и их устойчивость при нагрузке. 7) Присутствие строительных материалов — бутового и облицовочного камня, строительного песка, балласта, материалов для бетона и условия их залегания.

Для строителей пути большое значение имеет основанная на геологических данных сравнительная оценка различных вариантов трассы в отношении количества земляных работ, мостов, устойчивости полотна, водоснабжения, близости строительных материалов, угрожаемости со стороны катастрофических явлений.

Обыкновенно отдают предпочтение кратчайшему направлению в интересах сокращения пробега транзитных грузов и расходов по эксплоатации. Но нередко более выгодным и для постройки и для эксплоатации оказывается вариант более длинный, пролегающий в более благоприятных условиях. Это касается не только направления трассы в целом, но и отдельных участков ее и даже небольших отрезков: напр., проложение пути не по левому, а по правому склону долины в данном месте, чтобы получить устойчивую выемку, обойти устье силевого оврага и т. п., хотя бы даже ценой постройки лишнего моста. Вообще идеальной задачей, к которой должен стремиться строитель—возможно меньше нарушать современный рельеф, дренаж и целость растительного покрова местности, так как все нарушения сложившихся уже при данных условиях форм неминуемо влекут за собой известные геологические процессы, могущие гибельно отразиться на сооружении.

Рассмотрим теперь ряд отдельных вопросов, подлежащих исследованию при дорожном строительстве.

Устойчивость горных пород в выемках. Выемки и полувыемки на склонах долин необходимы для выпрямления, т. е. укорочения трассы, а выемки на водоразделах—для уменьшения уклона пути. При изыска-

ниях качество грунта и условия залегания горных пород в выемках и полувыемках должны быть определены шурфовкой, если естественные обнажения недостаточны, так как это необходимо для оценки стоимости земляных и скальных работ. Цена добычи куба зависит от связности и твердости породы, а количество кубов также от условий залегания.

Для оценки стоимости добычи куба различных горных пород в выемках Штини дает такую классификацию последних:

Рыхлый грунт легко берется заступом или лопатой: сыпучий песок, тощая глина, растительная земля, рыхлый торф, рыхлый гравий и т. п. наносы, разработка которых не требует особых усилий. На 1 м³ нужно 0,5—0,9 час.

Легкий кайловый грунт берется хорошо на кайлу: среднежирная глина, лёсс, уплотненная болотная почва, суглинок, суглинистый гравий, хрящ и галечник, рыхлый щебень склонов, дресва изверженных пород, мягкий мергель, связный песок и т. п. На 1 м³ требуется 0,9—1,5 час.

Тяжелый кайловый грунт берется на кайлу с трудом: грубый щебень, валунная глина, гипсовые породы, вязкая или сильно высохшая глина, тяжелый суглинок, твердый мергель, глинистый мергель, мягкий песчаник, плотные туфы, сланцеватые глины, глинистые сланцы, многие мягкие кристаллические сланцы (тальковые, серицитовые, филлиты богатые слюдой, особенно в поясах смятия), очень грубые плотные галечники и т. п. Применение взрывчатых веществ сильно разрыхляет некоторые из этих веществ, облегчая работы. На 1 м³ нужно 1,5—2,3 час.

Ломкие горные породы берутся ломом, кайлой, клиньями и баддой: многие слюдяные сланцы, большинство филлитов, тонкослоистые песчаники и известняки, в особенности переслаиваемые глиной, тонкослоистые кварциты, рыхлый конгломерат, известковый мергель, хлоритовый сланец, выветрелые изверженные породы, базальты и фонолиты с хорошей отдельностью. На 1 м³ нужно 2,3—3,3 часа.

Среднетвердые породы требуют работы ломом и клиньями, частично взрывчатых веществ: твердые, но ясно наслоенные песчаники, известняки, доломиты, массивные, но трещиноватые известняки и изверженные породы, многие гнейсы и слюдяные сланцы, более твердые хлоритовые сланцы, среднетвердые конгломераты, граувакки, зоны выветривания более твердых пород. На 1 м³ нужно 3,3—4,5 часа.

Твердые породы требуют исключительно взрывных работ; бурение шпуров стальными сверлами еще выгодно: мраморы, массивные доломиты, среднетвердые изверженные породы, твердые песчаники и конгломераты, очень твердые кварцево-глинистые сланцы, твердые граувакки. На 1 м³ нужно 4,5—6 час. и 0,3—0,45 кг пороха.

Очень твердые породы требуют сильных взрывчатых веществ и бурения с алмазными или корундовыми коронками. Очень твердые изверженные породы (базальты, диориты, перидотиты, пироксениты, многие габбро, диабазы, гранулиты), вязкие кристаллические сланцы (амфиболиты, горнблендиты, эклогиты). На 1 м³ нужно 6—10 час. и 0,5 кг пороха или 0,85 (?) кг нитроглицерина.

Если слои различной твердости часто чередуются по вертикали или горизонтали, нужно брать средние величины для времени добычи.

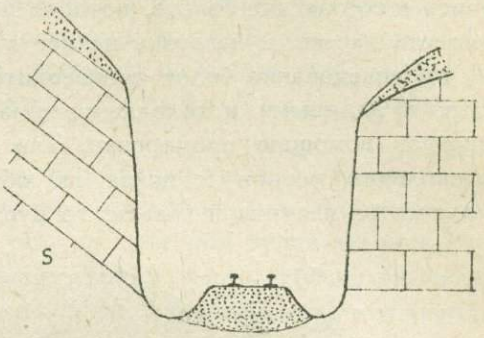
Откос, который придается стенкам выемок и полувыемок, определяющий объем уделяемой породы, т. е. стоимость работы, зависит от состава и условий залегания пород. Для рыхлых пород он не должен быть круче естественного угла, который составляет для:

Сухого рыхлого песка	30 —33°
Влажного „ „	34 – 37°
Мокрого (водоносного) рыхлого песка	20 —25°
Супеска	38 —40°
Суглинка сухого	40 —45°
„ мокрого	18 —25°
Глины сухой	40 – 50°
„ мокрой	15 —25°
Растительной земли сухой	35 —40°
„ „ влажной	39 —44°
„ „ водонасыщенной	27°
Гравия сухого	35 —40°
„ мокрого	25°
„ очень грубого	30°
Щебня угловатого	35 —40°

Умеренное увлажнение увеличивает сцепление частиц рыхлых грунтов, повышая естественный угол на 4°; но вскрытая выемкой влажная почва постепенно высыхает и осыпается; поэтому, чтобы сохранить увеличенный угол, нужно быстро задерновать откос. То же касается и сухих грунтов, которые легко размываются дождем или развеваются. При условии скорого задернования в сухих и влажных (но не мокрых) грунтах откосы можно делать в 45°, т. е. 1 : 1. В коренных породах угол откоса зависит от условий залегания и качества породы. Падение пластов осадочных пород от выемки позволяет делать откосы в 3 : 1 или даже 5 : 1 в зависимости от твердости. Если пласты падают к выемке (фиг. 69), то глинистые породы могут начать сползать при угле падения в 20—25°, неглинистые при 35—40°, если плоскости напластования ясные, ровные и сухие. Неровные плоскости увеличивают, мокрые— уменьшают устойчивость. Поэтому для увеличения угла откоса, т. е. уменьшения объема вынимаемой породы, прибегают к подпорным стенкам из кладки насухо, а при значительной высоте—на цементе. На фиг. 69 правый бок выемки, где пласты горизонтальны, при достаточной устойчивости их относительно выветривания и отсутствии резких трещин, падающих к выемке, может быть сделан почти отвесным; на левом боку пласты, падающие круто к выемке, должны быть сняты до плоскости *S* или укреплены подпорной стенкой. В массивных породах роль плоскостей, по которым может происходить сползание глыб, играют трещины отдельности, которые являются опасными, если они падают к выемке и по ним сочится вода или если они покрыты зеркалами скольжения, налетами хлорита, змеевика, эпидота, серицита и т. п., которые делают поверхность скользкой. Пример—постоянные обвалы

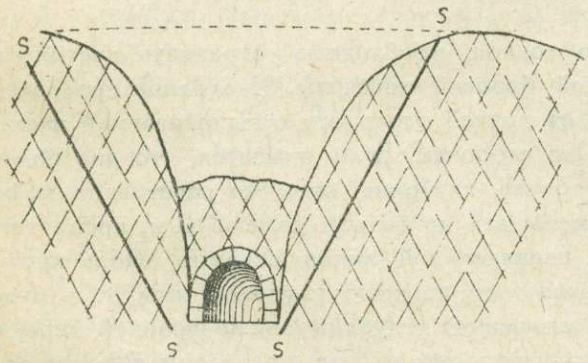
во время работ в глубокой в 30 м выемке на восточном склоне Яблонового хребта в хлоритизированном гранодиорите, заставившие заменить среднюю часть не вполне оконченной выемки туннелем (фиг. 70), иначе пришлось бы убирать всю массу породы до трещин *s*—*s*, ограничивающих ее над дном выемки и дававших обвалы.

При достаточной устойчивости массивных пород угол откоса делают в выемках 5:1, при меньшей 3:1, при наименьшей 1:1, прибегая также к подпорным стенкам в ненадежных участках. В осадочных породах опасны прослои глин, падающие к выемке, по которым может просачиваться вода, взмыливая глину и делая ее скользкой. В мягких осадочных породах — глинах, рыхлых песчаниках, рассыпчатых мергелях—для уменьшения угла откоса также прибегают к дернованию. Просачивание воды из делювия склона в коренные породы, вскрытые выемкой, устраняют дренажными канавами, проведенными вдоль склона выше выемки.



Фиг. 69.

Уменьшение угла откоса в глубоких выемках при недостаточной устойчивости пород достигается устройством уступов (берм) в 1—1,5 м ширины. Лёсс держится вертикальными обрывами, но постепенно оседает и обрушается также вертикальными массами; поэтому в лёссе можно делать вертикальные откосы, но с рядом уступов.



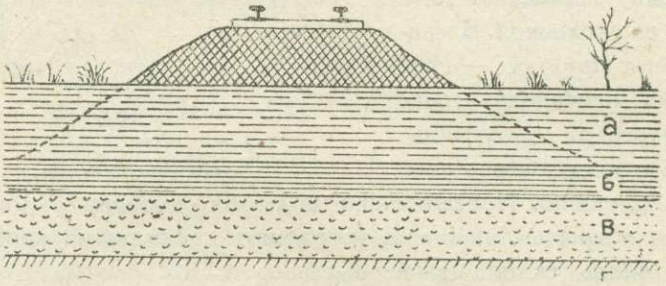
Фиг. 70.

Насыпи, состоящие из рыхлого материала, добытого в выемках или в карьерах вблизи пути, должны поэтому иметь откосы в 1:1,5; более крутые, до 1:1, допускаются при твердом и грубом материале—напр., из скальных выемок. В высоких насыпях для уменьшения объема и откоса делают в нижней части подпорные стенки или же по всему откосу ряд уступов (берм) в 1—1,5 м ширины.

Переходы через болота. В виду обилия болот в разных частях Союза, особенно на севере и в Сибири, дороги нередко должны пересекать их или даже проходить по ним на значительном протяжении. Поэтому исследование болот представляет одну из задач строителя. Грунтовые дороги проводят через болотистые местности, устраивая так

называемые гати, т. е. помосты из бревен, поверх которых часто насыпают слой гальки с песком. Шоссейные и железные дороги должны пересекать болото по насыпи, материал которой уходит в болотную почву, спрессовывая ее под собой и вытесняя частью в стороны; для подсчета количества этого материала, который погрузится под уровень болота, необходимо знать глубину последнего; кроме того, нужно изучить и состав дна болота, которое явится основанием, выдерживающим тяжесть насыпи и нагрузки на нее в виде поезда или экипажей.

Исследование болот производится посредством бурения; в местностях с длинными и холодными зимами можно прибегать к углублению шурфов помощью проморозки. Так как болота редко бывают глубже нескольких метров и почва их обыкновенно не содержит большого количества валунов и гальки, то бурить можно ручным буром, а иногда



Фиг. 71.

а — вода и мох; *б* — глина; *в* — плывун; *г* — коренное дно болота.

даже щупом. Если болото топкое, необходимо устраивать настилы из бревен вокруг устья каждой буровой скважины. Последние проводятся на расстоянии 20 м одна от другой вдоль оси предполагаемой насыпи и несколько проверочных по сторонам. Если окажется, что дно болота неровное и представляет более глубокие ямы, то расстояние между скважинами приходится уменьшать до 10 или даже 5 м и, кроме того, проводить еще по одной параллельной линии скважин вдоль кромок насыпи, которая может оказаться на краю глубокой ямы, т. е. будет сползать в нее. Буровые скважины углубляются, по крайней мере, на 2 м в дно болота, чтобы выяснить нет ли под последним второго слоя торфа или плывунов, так как в этом случае дно не выдержит нагрузки насыпи и начнет прогибаться и оседать глубже (фиг. 71).

Так как заболачивание местности зависит: 1) от водонепроницаемости близкого к поверхности слоя при отсутствии дренажа или его недостаточности и 2) от подпруживания грунтовой воды благодаря высокому уровню воды в реках или озерах, то коренное дно болота может состоять из глины или из песка, галечника, даже коренных пород; в местностях, где развита вечная мерзлота, последняя обыкновенно и составляет дно болота, независимо от состава мерзлых пород. Отложения торфа, сапропеля (болотного ила), лугового известняка не являются коренным дном болота. Насыпь может быть основана на

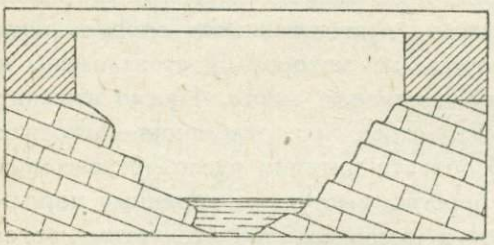
галечнике, плотной глине достаточной мощности или на коренных породах. Песок, пропитанный водой, представляет плывун, т. е. неустойчивое основание; насыпь будет выжимать его в обе стороны, пока не сядет на более устойчивую почву. Глубокие болота, в особенности с неровным дном, необходимо обходить или выбирать переход через них в менее глубокой и более ровной части. Всегда следует изучить вопрос, нельзя ли осушить болото или устранить заболачивание устройством соответствующего дренажа. Программа исследования болота изложена уже в главе XIII. Полезные указания о разных сооружениях на болотистой почве дает руководство Редлих-Терцаги-Кампе (стр. 543—552).

Переходы через реки. Мосты, в особенности через более значительные речки и реки, являются весьма ответственными сооружениями, требующими изучения состава почвы, на которой будут заложены их устои, а также характера долины в данном месте. Нужно выяснить к какой области—питания, размыва, стока или отложения—относится данный участок речной долины. В области питания русло врезано мало, количество воды небольшое, в берегах выступают коренные породы, покрытые разве только делювием и элювием, так что устои мостов, всегда небольших, могут быть заложены на коренных породах, которые и должны быть изучены в отношении их устойчивости; нужно выяснить их состав, условия залегания, трещиноватость, характер и глубину выветривания, чтобы определить, в каком месте можно заложить устои и до какой глубины следует снять коренную породу; не подвергнется ли устой опасности сползания, если пласты или трещины падают полого в сторону русла, если толща содержит прослои глины или если плоскости напластования или трещин являются скользкими. Напр., в случае, изображенном на фиг. 72, левый устой будет ненадежный; его нужно заложить глубже, имея в виду еще возможность дальнейшего врезания русла; на правом берегу устой может быть основан и на значительной высоте над руслом, если коренные породы труднорастворимы и достаточно прочны относительно выветривания.

В области размыва, где поток работает вглубь и где он содержит уже больше воды, устои также всегда закладываются на коренных породах берегов, которые должны быть изучены, как указано выше.

В областях стока и, в особенности, отложения, где потоки достигают уже значительных размеров и где коренные породы обыкновенно скрыты толстым слоем речных наносов, устои мостов приходится большей частью основывать на последних и нельзя обойтись без более или менее глубокого бурения. Буровые скважины закладываются на дне долины в местах предполагаемых устоев; если часть последних должна стоять в воде, то бурение производится летом с плотов, зимой со льда. В Сибири на небольших реках бурение может быть заменено зимой шурфовкой с промораживанием. Из наносов надежными для основания на них устоев являются галечники, песок с галькой, плотные глины, но не чистый песок или ил, которые под руслом всегда будут водонос-

ными, т. е. плывучими. Бурение всегда должно производиться на несколько метров глубже основания устоя, так как под не толстым надежным слоем может оказаться ненадежный и первый под тяжелой нагрузкой будет оседать. Нельзя забывать, что, кроме веса каменной кладки, на основание устоя будут давить верхнее строение моста и двигающийся по последнему груз—поезд или экипажи и пешеходы. В долинах с широкой луговой террасой, затопляемой во время половодья, конечные устои располагаются на террасе и подходы к мосту представляют высокие насыпи; поэтому бурение для выяснения состава наносов должно производиться и на террасах, где устои естественно закладываются менее глубоко, чем в русле. Лучшим основанием для устоев, конечно, являются коренные породы, если они залегают неглубоко под наносами. В зависимости от результатов бурения может возникнуть вопрос о переносе перехода через реку на другое более благоприятное место.



Фиг. 72.

Следует также обратить внимание на то, не изменился ли режим реки в данном участке ее долины в связи с изменениями в цикле эрозии, именно, не возобновился ли размыв в области стока или отложения, так как в этом случае устои, основанные на наносах, могут подвергнуться подмыву через известный промежуток времени, т. е. начнут садиться и рушиться. Признаками возобновившегося размыва служат: 1) незаливаемость луговых террас во время половодья благодаря углублению русла; 2) обнаженность откосов этих террас по той же причине; 3) обилие более крупных валунов в русле при общем более мелком составе галечника в береговых обрывах, что указывает на снос рекой более мелкого материала; 4) появление в русле выходов коренных пород. В этих редких вообще случаях устои должны быть основаны на коренных породах, достаточно прочных; рыхлые песчаники, мел, трещиноватые известняки, мергели, мягкие сланцы не являются таковыми.

Оползни, осыпи, конусы, выноса. Большое внимание при изучении местности вдоль трассы должно быть обращено на неустойчивые склоны долин, по которым или вблизи которых должно пролегать полотно. Склоны, обнаруживающие признаки старых или свежих оползней, следует избегать во избежание крупных затрат на неизбежный постоянный ремонт пути. Полотно, проложенное насыпью или выемками по гипсоносным породам, будет находиться под угрозой оседаний и провалов, обусловленных образованием воронок под ним или возле него вследствие растворения гипса. Поучительный пример в этом отношении представляет участок Самаро-Златоустовской ж. д. на берегу р. Белой ниже гор. Уфы, проложенный по косогору гипсоносных пород, вопреки предостережениям геологов, и требующий бдительного надзора и по-

стоянного ремонта (см. список III, № 9—1). Мощный делювий, срезаемый выемкой, также является неустойчивым, как показали выемки Уссурийской ж. д. (см. список III, № 9—2). В областях развития ледниковых отложений валунная глина и вообще моренные образования могут дать обильные оползни, если залегают на доледниковых или флювио-глациальных водонссных песках, в которые врежется выемка хотя бы на небольшую глубину. При пересечении влажных косогоров необходимо выяснить причину увлажнения и отвести воду вверху, захватив ее в водоотводную канаву или трубу, вместо того, чтобы бороться с постоянными оползнями в выемке или с оползанием насыпи. Осыпи щебня и глыб в горных долинах также неустойчивы, если подрезать их основание; поэтому их нужно огибать, а не срезать, или же укреплять подпорными стенками. При пересечении устья боковых долин в гористой местности нужно иметь в виду вероятность силевых выносов, изучить в этом отношении долины и предпринять укрепление склонов и устройство барражей по дну, как указано в главе XII. Конусы выноса боковых долин и ущелий также приходится огибать или пересекать их у самого устья с устройством моста; при пересечении их ниже устья выемкой или насыпью с мостом придется бороться с занесением полотна свежим материалом после каждого ливня в случае выемки, с постоянным заваливанием отверстий моста в случае насыпи. Поучительные примеры проведения железных дорог в трудных условиях приводит Зингер (список III, № 36), а в оползнях также Вегеле (№ 40).

Пучины представляют своеобразное явление на многих железных дорогах Союза, обусловленное климатом страны; на некоторых дорогах процент пучинистых мест доходит до 27% общего протяжения, а на отдельных участках даже 75—90%. Борьба с ними требует значительных расходов, напр., на Октябрьской ж. д. на этот предмет с 1906 по 1915 г. расходовалось от 68.700 до 160.600 руб., в среднем по 118.446 руб. ежегодно или около 200 руб. на 1 км. Пучиной называется местное поднятие полотна, зависящее от присутствия под ним в пределах промерзания насыщенных водою грунтов и вызывающее неправильности в положении верхнего строения (т. е. шпал и рельс), которые нарушают спокойствие и безопасность движения поездов. Пучины делят на коренные, верховые и мостовые: первые представляют горбы в 32—54 см высоты, вторые достигают только 2—3 см, третьи являются сплошным и более или менее однообразным поднятием целой выемки или невысокой насыпи на значительном протяжении, причем устои мостов на этом участке остаются в прежнем положении, т. е. мост оказывается ниже полотна. По положению на последнем различают еще пучины прямые, перекосные и однобокие, смотря по тому подняты ли обе колеи равномерно или горб лежит наискось или поднята одна колея. Пучины начинают подниматься при первых морозах, растут до второй половины февраля и оседают к половине или к концу мая. Они распространены слабо (до 5% общего протяжения) на южных дорогах и сильно (от 6 до 20%) на северных дорогах Союза. Благоприятствуют

развитию коренных пучин хрящеватые водоносные пласты, особенно плывун, залегающие на водонепроницаемом слое глины или скалы; в виду большого распространения валунных глин или суглинков в северной половине европейской части Союза в ее пределах и имеются благоприятные условия для развития пучин. Верховые пучины развиваются на насыпях, мостовые—в болотистых котловинах с слабым дренажем. Образование пучин обусловлено постепенным промерзанием насыщенной водою почвы и расширением воды при превращении ее в лед. На Закавказской ж. д. пучины в виде разбухания грунта под путем обусловлены проникновением значительного количества влаги во время зимних дождей в глинисто-песчаную почву. Существенно отличаются от железнодорожных пучин шоссейные, появляющиеся поздней весной, когда щебеночный слой оттаял и пропускает воду сверху до мерзлого еще глубже лежащего; при этом щебневый настил размягчается и легко прорезается колесами, чем нарушается строение шоссе.

Борьба с пучинами состоит в осушении полотна дороги отводом воды и в прикрытии полотна веществами, хорошо пропускающими воду, но дурными проводниками тепла. Она лежит на обязанности инженеров-строителей, но геологу полезно знать о существовании этого явления и его причинах, которые могли быть устранены при самом сооружении полотна железной дороги удалением пучинистых грунтов и правильным дренажем, что стоило бы дешевле, чем ежегодная борьба с пучинами. Поэтому геологу, работающему при изысканиях, нужно познакомиться с литературой (см. список III, № 16).

Строительные материалы требуются при сооружении путей сообщения в большом количестве для станционных зданий, казарм, путевых сторожек, для устоев мостов и для балласта или шоссейного щебня. Поэтому поиски их и оценка месторождений входят в задачи геолога, причем близость месторождения к пути, возможность устройства ветки к каменоломне или карьеру или расположение их вблизи берега судоходной или сплавной реки, пересекающей трасу, имеют существенное значение. Необходимые данные изложены в начале этой главы.

Водоснабжение станций, казарм и сторожек на железной дороге представляет важный вопрос, в решении которого участие геолога необходимо. Казармы и сторожки могут обслуживаться колодцами, если поблизости нет источников или открытых водотоков; но в виду загрязнения последних колодцы в более густо населенных местностях предпочтительны; источники должны быть надлежащим образом каптированы. Для станций водоснабжение требуется более обильное. При отсутствии поблизости открытых водотоков или достаточно мощных источников приходится думать о получении артезианской воды или о системе колодцев, собирающих грунтовую воду. Поэтому при изыскании трасы нужно обращать внимание на гидрогеологические условия, выясняя наличие и глубину залегания водоносных горизонтов, указывая места, наиболее благоприятные для заложения колодцев и буровых скважин, наблюдая за проведением таковых и собирая при этом данные о пройденных

пластах, дебите и качествах воды. Краткое руководство по гидрогеологии должно сопровождать геолога при этой работе, если он не получил соответствующей подготовки по этому предмету.

Проведение туннелей представляет одну из наиболее трудных и ответственных задач при постройке дорог; так как туннель является подземной выработкой, то участие геолога в этой работе обязательно, хотя одно время оно даже отрицалось в виду несовпадения геологических предсказаний с действительностью, обнаружившегося при проведении Симплонского туннеля. Указывая на это, строители забывали, что в большинстве случаев данные геологии оправдываются, что при сложной тектонике гор разные неожиданности естественны и, что без помощи геолога работа будет вестись совершенно наугад. В виду того, что тектонические построения, основанные на наблюдениях на поверхности, не могут претендовать на полную точность, участие геолога необходимо не только при выборе места для туннеля, но и во время производства работ, так как только геолог может объяснить встречающиеся неожиданности и правильно оценивать их значение для дальнейшего хода работы.

Задачи геолога при проектировании туннеля состоят в следующем: 1) определить, какие породы будут встречены туннелем; 2) каковы будут условия их залегания; 3) какова будет температура в глубине; 4) какой приток воды можно ожидать и 5) каково будет давление пород на крепь. Очень полезным пособием является новое руководство Евдокимова (III, № 8) или Редлих-Терцаги-Кампе (стр. 365—407).

1) и 2) Определение горных пород и условий их залегания производится детальным геологическим изучением поверхности земли над линией туннеля, при котором нельзя ограничиться узкой полосой трасы, а нужно распространить исследование в обе стороны, чтобы получить более надежные результаты. Если обнаженность склонов недостаточна, то нужно прибегнуть к канавам, шурфам и буровым скважинам. На основании собранных данных строится поперечный профиль хребта или возвышенности, пересекаемой туннелем, который и даст ответ на первые два вопроса строителя, необходимый для его подсчетов стоимости прохождения выработки и ее крепления. Особенное внимание должно быть обращено на крупные нарушения—линии сбросов, сдвигов, надвигов, смятий, так как таковые представляют пояса ослабленной прочности пород, требующие усиленного крепления, и, кроме того, могут быть особенно водоносными, проводя воду сверху или снизу. Толщи гипсо- и соленосных пород, мощных глин, пород, обилующих пиритом, сильно трещиноватых известняков также должны быть принимаемы во внимание в качестве мест, которые обусловят или непрочность стенок, выпучивание их, усиленный приток воды или химические процессы, повышающие температуру. При сложной тектонике профиль, сконструированный геологом, не может претендовать на непогрешимость, так как такая тектоника допускает различные толкования; поэтому лучше составить два или более возможных вариантов, которые позволят стро-

ителям сделать варианты подсчетов и покажут им пределы геологического предвидения, избавляя геолога от нареканий. Напр., если на поверхности будут встречены контактово-метаморфические породы, но самая интрузия, обусловившая изменение, не обнаруживается, то туннель может пересечь ее, но может и не пересечь, если она залегает глубже или в стороне от него; следовательно, профиль даст два варианта, один—с интрузивной породой; другой—без нее, с различной стоимостью работ; кроме того, в первом варианте длина участка пересечения этой породы также может быть различна. В кристаллических сланцах, обильно инъецированных гранитом, точный профиль дать невозможно, и в этом случае несоответствие между строением и составом поверхности и глубины хребта весьма вероятно, даже неизбежно. Но и в осадочных свитах возможны случаи появления в глубине пластов и целых толщ, отсутствующих на поверхности вследствие фациальных изменений, выклиниванья, выжиманья при складчатости или среза при шарриажах, надвигах, дизъюнктивных дислокациях и обратно—исчезновение в глубине пластов и толщ, отмеченных на поверхности. Все эти неожиданности, о возможности которых геолог должен предупредить строителей, представляя им свой профиль, требуют геологического надзора во время работ, так как без такового строители будут блуждать в потемках.

3) Вычисление температуры, которую встретит туннель, необходимо для того, чтобы выяснить условия работы, необходимость усиленной вентиляции и укорочения смен, т. е. удорожания работ. Оно производится на основании геотермического градиента. Зная среднюю годовую температуру ближайшей метеорологической станции, ее абсолютную высоту и таковую высшей точки гор над туннелем, мы вычисляем по аэротермическому градиенту (200 м = 1° Ц.) среднюю годовую температуру высшей точки; затем делим относительную высоту ее над осью туннеля на среднюю величину геотермического градиента (33,3 м = 1° Ц.) и результат прибавляем к температуре высшей точки. Пусть последняя + 2° Ц., а высота 1.800 м, тогда 1.800 : 33,3 = 54; 54° + 2° = 56° Ц. Но, как известно, изогеотермы под горами разрежаются благодаря охлаждающему влиянию склонов и градиент больше среднего; в Сан-Готардском туннеле он оказался 47,6 м, в Симплонском 37 м и 28 м. При оценке вероятной температуры нужно принимать во внимание также местные условия: понижение температуры, т. е. увеличение градиента, можно ожидать при большей абсолютной высоте устья туннеля, пологом залегании пластов, сильной расчлененности склонов, обилии снегов и ледников и близости большого водного бассейна. Наоборот, уменьшение градиента, т. е. повышение температуры в туннеле, может быть обусловлено крутым падением пластов, соседством вулкана, даже давно потухшего, напр., третичного, большого массива глубинной породы и возможностью химических процессов в толщах, прорезанных туннелем, вследствие окисления пирита, распада радиоактивных минералов, разложения пластов угля. Появление обильных источников может понизить температуру, если вода холодная, напр., проникающая сверху, и повы-

сить ее в случае горячих ювенильных вод, как в Симплонском туннеле, где малый градиент в 37 м был обусловлен горячими источниками. Но с другой стороны крутопадающие пласты могут лучше проводить низкую температуру гребня горной цепи, т. е. способствовать охлаждению ее глубины и понижению температуры в туннеле, а полого залегающие влиять в обратном смысле. Этим объясняется большой градиент в 47,6 м в Сан-Готардском туннеле, где пласты падают очень круто, и малый градиент в 28 м в средней и южной части Симплонского туннеля, где пласты залегают очень полого. Максимальная температура, наблюдавшаяся при постройке 12 больших туннелей Европы и Кавказа колебалась в пределах 10,5° Ц. в Босрукском и 55,4° в Симплонском, в большинстве же держалась в более тесных пределах 12,8° до 34,2° Ц. В виду всех этих разнообразных условий оценка температуры, ожидаемой в туннеле, не может быть точной и неожиданности возможны, но все-таки тщательное изучение геологического строения, рельефа местности и водоносности горных пород позволит указать вероятные пределы, которые в большинстве случаев оправдываются; в разных частях длинного туннеля придется принимать и различную величину геотермического градиента, если условия будут различны. На основании всех полученных данных на профиле горы по оси туннеля нужно нанести изогеотермы, которые покажут, на каком протяжении туннель будет пролегать в условиях наиболее высокой температуры, что необходимо для соображений о вентиляции. Желательно устройство временных метеорологических станций в нескольких пунктах над туннелем для более точного определения средней годовой температуры поверхности. Проведение буровых скважин в две-три сотни метров с наблюдением температуры в них поможет уточнению геотермических подсчетов. Подробные указания как определить ожидаемую температуру можно найти в руководстве Евдокимова (III, № 8, стр. 106—119) или у Пресселя (III, № 35).

Все эти данные имеют существенное значение для больших туннелей; короткие, даже до 1 км длины, только в исключительных случаях могут встретить высокую температуру.

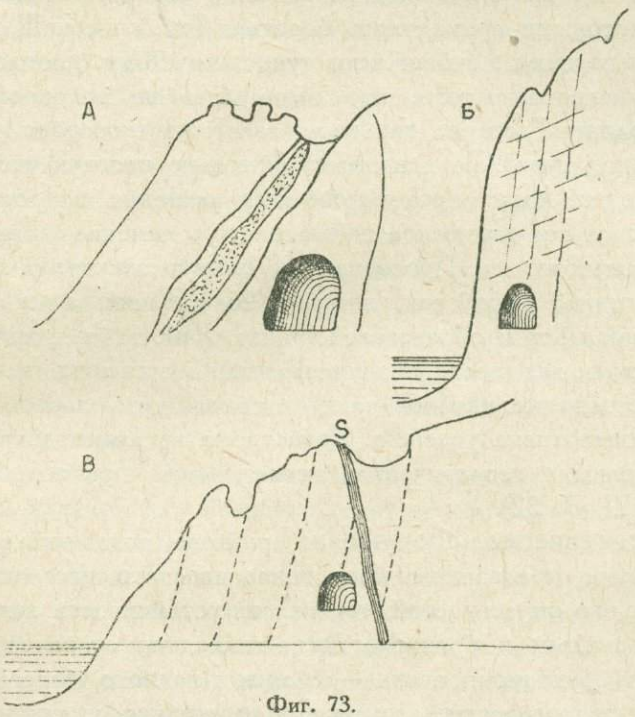
4) Ожидаемый приток воды определится на основании геологического профиля и изучения местности; водопроницаемые породы и тектонические трещины должны проводить вглубь воду с поверхности из ручьев и речек, ледников и снеговых полей, горных долин и склонов, расположенных над туннелем. Восходящие в той же местности источники также могут быть перехвачены туннелем и, кроме того, повысить его температуру, если они горячие. Карстовые воды известняков, наоборот, значительно понижают ее, как и вообще воды нисходящие. Вообще точное предсказание количества воды, которое встретит туннель, невозможно, но температуру ее предвидеть в известных пределах можно. Во время работ при неожиданной встрече большого притока воды необходимо наблюдать ее температуру; если она соответствует температуре горных пород данной части туннеля и не обнаруживает повышения или понижения, то можно думать, что забоем вскрыто местное скопление,

которое скоро истощится. При повышении же или понижении температуры воды нужно считаться с встречей обильного водоносного горизонта и принимать соответственные меры.

5) Давление горных пород в туннелях на основании теоретических соображений и указаний практики не пропорционально мощности вышележащих масс и не является гидростатическим, т. е. действующим не только сверху и с боков, но и снизу. Принимают, что неглубокие туннели испытывают преимущественно давление кровли, а глубокие — давление сбоку. Под влиянием последнего не только с боков, но и с потолка и подошвы туннеля начинают отделяться кусок за куском части породы, выдвигающиеся в сторону пустоты и постепенно выпадающие. При значительной глубине давление может настолько усилиться, что весь просвет туннеля постепенно заполнился бы обломками, если бы не было облицовки. Разрушение часто выражается в так называемом стрелянии или томпании, замеченном и в горных выработках; благодаря давлению образуются, главным образом, в боках, многочисленные вертикальные трещины и с треском, похожим на выстрел, неожиданно отскакивают от стенок большие или меньшие плиты, заостренные по периферии, утолщенные в средине, обусловливающие несчастные случаи с рабочими. В хрупких и массивных породах это явление принимает опасные размеры и иногда наблюдается только через недели или месяцы после проходки. Оно начинается обыкновенно в боках выработки, и плоскость откалывания следует вдоль стенок, независимо от плоскостей напластованья или сланцеватости. Строение горы оказывает влияние на степень давления; туннель, проложенный по простиранию вдоль оси складки, будет испытывать значительно меньшее давление, чем проложенный вдоль ее крыла; пересекающий антиклиналь вкрест обнаруживает сильное стреляние и разрушение в крыльях и слабое под седлом. При небольшой глубине давление настолько слабо, что туннель не требует крепления (конечно, в случае достаточно устойчивых пород). Выбор и расчет крепления не входят в задачи геолога, он должен только указать строителям, в зависимости от прочности, условий залегания горных пород и глубины туннеля, размеры ожидаемого давления (подробности см. Stiny, Technische Geologie, 189—193 или Штини-Мушкетов, 71—75, Евдокимов, III, № 8—2 и 3).

Облицовка предохраняет туннель также от осыпей, обвалов, выпучивания. В отдельных местах, где туннель пересекает породы неустойчивые, как выпучивающиеся глины, пояса раздробления и смятия, облицовка и должна иметь соответствующую прочность. Изучение материала для облицовки вообще должно производиться тщательно под микроскопом и с испытанием в механической лаборатории. Но необходимо заметить, что в поясе юных, не успокоившихся еще нарушений никакая облицовка не выдерживает давления; свод разбивается трещинами, профиль искривляется, начинается выпадение камней. Ярким примером неудачного проведения туннелей является участок Кругобайкальской ж. д. от истока р. Ангары до ст. Култук, где линия пролегает вдоль крутого берега

оз. Байкала, пересекая 36 короткими туннелями мысы. Хотя постройке предшествовали геологические исследования, но участники их, доверяя устаревшему взгляду Черского, что озеро занимает очень древнюю синклинальную долину и игнорируя мнение других геологов, что впадина озера представляет довольно молодой грабен, не обратили должного внимания на изучение тектоники и наличие многочисленных трещин, параллельных берегу. Даже общий руководитель работ, опытный геолог, после поверхностного осмотра трасы признал условия благоприятными.



Фиг. 73.

А—туннель № 27; сбросовая трещина с брекчией трения. *Б*—туннель № 36, мыс Хабартуй 3-й. *В*—Туннель Б. Колокольного мыса с жилой базальта *S* (по А. Львову).

При постройке туннели были проведены ради экономии слишком близко к оконечности мысов, в поясе трещин (фиг. 73—три примера из числа многих) и оказались неустойчивыми, как равно и глубокие полувыемки; в результате происходят постоянная порча облицовки, искривление свода в туннелях, обвалы в выемках и участок требует бдительного надзора и постоянного ремонта (см. список III, № 15—1 и № 8, стр. 81—83). При более внимательном геологическом исследовании этот вариант трасы вероятно был бы забракован и отдано предпочтение варианту по долине р. Иркута, где предстоявшее проведение туннеля в 3,7 км признали слишком задерживающим окончание постройки. Изучение геологического строения хр. Зыркузун, пересекаемого этим туннелем, также было недостаточное: геолог дал заключение, что детальные геологические

исследования не нужны, хотя сам отметил зону сильного давления на южном склоне (см. список III, №№ 22 и 30).

Эти примеры наглядно показывают значение геологического изучения трасы и важную, ответственную роль геологии. Поэтому геологу, которому придется решать вопрос о постройке туннеля, даже короткого, необходимо познакомиться с соответствующей литературой (см. список III, № 12, содержащий также перечень литературы, и №№ 11, 14, 15, 20, 21, 31, 33, в № 12 не упомянутые). Поучительна также история постройки огромного в 19,7 км Симплонского туннеля, богатой разными неожиданностями, с которыми приходилось бороться (см. список III, № 12).

При проведении Лечбергского туннеля в 1908 г. произошла крупная катастрофа вследствие того, что наткнулись на водоносный аллювий нагорной долины Гастерн, глубокое залегание которого трудно было предвидеть; над туннелем предполагали только плоскую ванну; бурение в том месте не было произведено для решения вопроса и вообще систематическое геологическое наблюдение в течение первого периода работ не производилось. Прорвавшийся плывун закупорил значительную часть проведенной выработки, погубил 26 рабочих, а на поверхности горы над этим местом образовался провал. Работы были приостановлены на полгода и новые исследования заставили изменить трасу туннеля, выбрав вместо прямолинейной кривую, обходящую опасное место, которая и была выполнена успешно. Катастрофа наглядно доказала необходимость детальных геологических исследований при подобных работах (см. список III, № 32).

Гидротехнические сооружения разного рода также требуют во многих случаях предварительного геологического исследования места постройки и его окрестностей, так как их устойчивость зависит, прежде всего, от правильно выбранного места закладки и от качеств материала, а нормальное функционированье—от жизни водного бассейна, на которую влияют геологические агенты. Гидротехническое строительство обнимает регулирование рек, защиту берегов озер и морей от размыва, сооружение портов, пристаней и затонов, каналов, устройство плотин для накопления воды с целью регулирования расхода ее в реках, с целью ирригации и для силовых станций, наконец, закрепление оврагов и бурных потоков. Последнее уже рассмотрено в главе XII.

Регулирование рек производится ради достижения или улучшения судоходства, ради защиты берегов от размыва, лугов и других угодий на низменных местах от затопления и заиления во время половодья. Поэтому оно представляет как работы в самом русле, так и на берегах. Ради достижения или улучшения судоходства в реках, изобилующих мелями, перекатами, порогами производятся дноуглубительные работы землечерпательными машинами, если дно состоит из мелкого материала—песка, ила, галечника—или взрывными работами для удаления крупных валунов и скал коренных пород. В последнем случае геолог может помочь гидротехнику выяснением причин образования переката или порога, его состава и возможности полного устранения.

Крупные извилины судоходных рек, удлиняющие путь судов, уничтожают прокладыванием нового русла по прямому направлению, чем достигается также большая водоемкость поперечного сечения и лучшая защита берегов от разливов, но вместе с тем создается увеличение уклона и большая скорость течения на спрямленном участке. Уклон последнего может сделаться при этом таким, что на нем возобновляется размыв русла, хотя участок находится в области стока или даже отложения реки; песок и галька, сносимые с спрямленного участка, осаждаются, конечно, ниже его, вызывая обмеление, а размыв может распространяться и выше по реке и сделаться угрожающим для устоев мостов; подобный пример имел место при спрямлении извилины Рейна в Швейцарии, где пострадали устои железнодорожного моста. Эти возможные последствия должны быть учтены строителем, т. е. не каждое спрямление может оказаться выгодным. При спрямлении низовья реки в дельте нужно считаться с возможностью образования баров благодаря выносу большого количества мелкого материала в стоячую воду бассейна.

Затопляемые места луговых террас защищают устройством плотин (валов), а размываемые участки берега, на которых расположены здания или прилегает дорога, защищают отсыпью валунов, фашинами или дамбами из валунов или двойными плетнями с засыпанным валунами промежутком, расположенными наискось к берегу и отклоняющими главную струю реки в сторону.

Берега озер и морей, разрушаемые прибоем, защищают отсыпью из крупных валунов или бетонных глыб, на которой волны разливаются, не достигая берега. Если это недостаточно, напр., при малой устойчивости горных пород, слагающих крутой берег, то необходимо возведение бетонных или каменных на гидравлическом цементе подпорных стенок. Плоские берега с дюнами, размываемые морем (при опускании суши), защищают забивкой рядов свай как параллельно берегу, так и перпендикулярно к нему—последние для разбивания больших волн на некотором расстоянии от берега. Борьба с размывом берегов особенно трудна там, где происходит опускание суши, и геолог, наблюдая признаки такового, указанные в главе XIII, может помочь строителю правильно спроектировать защиту, а отысканием и оценкой прочного материала для подпорных стенок поможет и устойчивости сооружения. Напр., берег Черного моря между Туапсе и Сухумом разрушается волнами в связи с медленным погружением, и на этом протяжении вопрос о защите берега и сооружаемой железной дороги является очень серьезным.

Морские порты устраиваются в заливах или бухтах, достаточно глубоких и вместе с тем более или менее защищенных косами или мысами от крупных волн, набегающих со стороны моря. При недостаточной естественной защите возводят более или менее длинные молы, задерживающие эти волны. Но если в залив впадает река или речка, выносящая много материала, порт неизбежно засоряется, мелеет и требует землечерпательных работ; может встать вопрос об отводе притока или об устройстве в его русле барражей для улавлива-

ния наносов. Напр., Ялтинский порт постоянно засоряется выносами двух речек, очень значительными во время ливней; но вопрос об устранении этих выносов еще не поднимался.

Перед постройкой мола необходимо изучение состава и строения морского или озерного дна, на котором он будет основан, так как мол представляет тяжелое каменное сооружение, подвергающееся сильным ударам волн и временной нагрузке людьми и грузами на пристанях. Исследование производится бурением с поставленных на якорь судов или со льда, если залив замерзает. Требования от грунта, на который ляжет мол, те же, как и для устоев мостов. Опыт показал, что для подводных частей, подвергающихся действию морской воды, портланд-цемент не годится, так как он постепенно разлагается ею, превращаясь в сметанообразное вещество, обогащенное магнием и углекислотой, поглощаемыми из морской воды. Предпочтителен цемент из трасса или пуццоланы, который оказался вполне устойчивым. Мол со стороны моря часто защищают еще отсыпью крупных валунов или бетонными глыбами, на которых разбиваются волны, теряя свою силу.

Перед закладкой новых портов геологические исследования необходимы еще для выяснения, не замечается ли поднятие или опускание суши и с какой быстротой. В первом случае порт осужден на постепенное обмеление, во втором—на затопление; борьба с первым, если оно не происходит слишком быстро, возможна посредством землечерпательных работ. Затопление требует периодической надстройки мола и пристаней. То и другое может оказаться не выгодным.

При устройстве пристаней и затонов в реках нужно иметь в виду возможность изменения режима реки в данном месте и искусственного образования отмелей, заграждающих подход к пристаням или к устью затона, как указано в главе XII.

Плотины, устраиваемые для накопления воды с различными целями имеют самые различные размеры, начиная от тех, которые устраиваются на ручьях и речках для крестьянских мельниц с одним поставом и кончая гидросиловыми станциями в десятки и сотни тысяч лошадиных сил. Сооружение мелких плотин производится без участия геолога и даже гидротехника, хотя в иных случаях последствием этого является их непрочность или преждевременное разрушение. При крупных сооружениях геологические исследования обязательны, так как ошибки в выборе места влекут за собой не только непрочность плотин, утечку воды, засорение бассейна, но и разрушение, связанное с катастрофическим наводнением, опустошением нижележащей местности и гибелью имущества и людей. Опыт последних 15—20 лет, когда гидросиловые установки стали усиленно распространяться в Западной Европе и Северной Америке, насчитывает уже ряд более или менее крупных катастроф, которые, в большинстве, могли быть предотвращены.

Гидротехнические сооружения для целей регулирования половодья, ирригации, шлюзования рек и гидросиловых станций должны удовлетворять следующим условиям: 1) они должны обладать водоупорным сбор-

ным бассейном с устойчивыми склонами; 2) иметь водонепроницаемую и устойчивую плотину; 3) иметь водонепроницаемый и устойчивый спуск верховых вод (канал, отвод или штольню). Для гидросиловых станций присоединяются еще: 4) прочный водовод к гидросиловым приемникам—колесам, турбинам и 5) соответствующее место для зданий станции и для спуска отработавшей воды. Само собой разумеется, что строительные материалы для плотины, каналов и зданий должны быть прочные.

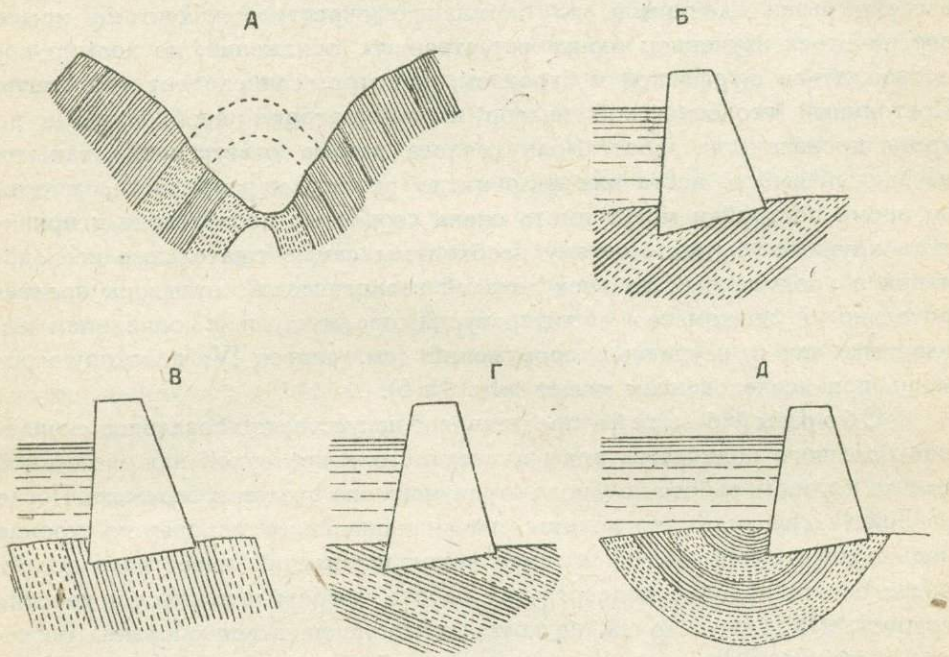
Из сказанного следует, что геологическое исследование должно предшествовать окончательному выбору места плотины и составлению проекта сооружения и должно охватить не только это место, но и весь бассейн выше плотины и его ближайшие окрестности; оно не может ограничиться изучением одних естественных обнажений, но должно сопровождаться шурфовкой и бурением, на которых не следует экономить. Постоянный геологический надзор и консультация необходимы и во время производства работ. Роль геолога весьма ответственна, так как неудачный выбор места или непринятие разных мер предосторожности во время постройки могут иметь очень серьезные последствия и причинить крупные убытки. Поэтому необходимы самые тщательные исследования и продуманный до всех деталей геологический отзыв, а предварительно и знакомство с литературой предмета и с описанием как удачных, так и неудачных сооружений (см. список IV; некоторую помощь при исследованиях может дать № 5).

Сборный бассейн представляет искусственно созданное скопление большого количества воды в местности ранее сухой или орошенной только потоком, работа которого ограничена его руслом и берегами. После устройства запруды дно долины или впадины и ее склоны до уровня воды подвергнутся усиленному смачиванию и давлению известного столба воды; берега водоема подвергнутся работе прибоя; изменится и уровень грунтовых вод на склонах, на которых могут начаться оползни, движение делювия. Водопроницаемые пласты коренных пород, очутившиеся под водой, начнут поглощать воду и пропускать ее по своему падению. Речки и реки, впадающие в водоем, искусственное озеро, сделавшееся базисом их эрозии, изменят свой режим; в их подпруженных устьях начнется отложение, образование дельт, а выше разовьется размыв для восстановления нормального профиля. Все эти изменения должны быть учтены геологом при изучении местности.

Условия залегания и состав горных пород на склонах будущего водоема имеют существенное значение для сохранения в последнем воды; наиболее благоприятны массивные породы и мощные толщи мергелей или глин при условии, если последние не обусловят крупные оползни на склонах. Складчатые толщи вообще более надежны в отношении утечки воды, чем горизонтально залегающие, хотя условия залегания первых труднее выяснить; возможны случаи, когда складчатые водопроницаемые пласты будут опоражнивать водоем, действуя как сифон. При простирании пластов вдоль оси водоема, падение их к последнему считается более благоприятным, чем падение от него, так как в последнем

случае вода может уходить по водопроницаемым пластам вглубь (фиг. 74 *А*). Падение пластов вверх по долине наиболее благоприятно только в том случае, если оно крутое: в случае водонепроницаемых пород допустимо и пологое падение.

Необходимо тщательное изучение уровня грунтовых вод окружающей местности и оценка того влияния на него, которое будет иметь образование глубокого водоема; нужно исследовать область питания источников, открывающихся в водоем, так как, при поднятии уровня в последнем, направление тока воды источников может повернуться обратно, и они будут засасывать воду, обусловливая, кроме потери



Фиг. 74.

воды, также заболачивание и приток воды в окрестностях. Напр., в Шварцвальде уровень налегания пестрого песчаника триаса на более древние породы, являющийся водоносным горизонтом, представляет предел для высоты воды в водоемах, так как при превышении его вода начинает уходить в стороны. Поднятие уровня грунтовых вод в связи с наполнением водоема и падение его при опоражнивании последнего имеет крупное значение для сельско-хозяйственных и лесных культур окрестностей и должно быть учтено в этом отношении.

Не следует переоценивать опасность открытых трещин на склонах водоема, так как они на небольшой глубине обыкновенно закрыты или заполнены глиной. Только трещиноватые известняки опасны, и создавать в таких породах водоем не допустимо, так как борьба с их растворением, образованием каналов и пустот, поглощающих воду, будет безнадежна, как показывают области карста. Водопроницаемые породы

вообще вызывают сомнения в том случае, если они представляют пути для вывода воды из водоема или благодаря условиям залегания, или потому, что поглощают столько воды, что накопление последней в водоеме станет невозможным. Но отдельные пласты их или выходы могут быть закрыты толстой облицовкой из глины или железо-бетона. Утечка воды из водоема может быть сначала незначительной, не нарушающей расчеты, но нельзя забывать, что вода будет постепенно расширять свои пути, в особенности под давлением столба воды в водоеме.

Пористые пески и мергели могут быть сделаны непроницаемыми посредством заиления их естественным или искусственным материалом напр., глиной (для песка) или суглинком (для гравия). Растущий столб воды вдавливает глину в поры, подобно пробке. В том же направлении действует естественное заиление, наблюдаемое в руслах рек и в ложе озер. Поэтому не следует нарушать земляными работами без особой надобности естественно заиленное дно будущего водоема. В районе последнего нужно обратить внимание и на горные выработки (штольни, отвалы), как старые, так и действующие; они не только могут быть затоплены, но и могут стать путями утечки воды.

Склоны водоема должны быть изучены также с точки зрения их устойчивости при новом уровне; естественный угол уклона рыхлых материалов в воде иной, чем на воздухе: эта разница особенно заметна в пределах колебаний уровня воды и действия волн. Склоны будут пропитаны водой в различной степени, в зависимости от своего состава. Породы, разбухающие от воды, как глины и суглинки, легко начинают сползать сами, а если они образуют прослои в других осадочных породах или заполняют трещины в массивных породах, то обусловливают оползни таковых. Наибольшему влиянию подвергается зона выветривания коренных пород, которая пролитывается водой даже в том случае, если сами породы непроницаемы; трещины, созданные морозом или высыханием в глинистой породе, поглощают особенно много воды. Замечено, что большая часть оползней и подвижек происходит во время спуска воды из водоема или понижения ее уровня; это объясняется движением грунтовой воды и вызывается отсутствием действовавшего ранее подпора воды водоема. Склоны, заросшие лесом и кустами, страдают меньше, чем покрытые травой, так как в первых корни проникают глубже и не только скрепляют рыхлую почву, но и действуют как дренаж. Признаками начавшихся движений являются образование валиков, ниш отрыва и наклон стволов. Следует избегать не вызываемые необходимостью нарушения растительного покрова и наносов на неустойчивых склонах, так как даже на скалистых склонах подкапывание вызывает движения и обвалы. Рекомендуется облесение склонов, на которых работы по их укреплению закончены. Последние состоят в отводе воды, замощении, устройстве подпорных стенок, глиняного или бетонного перекрытия, насыпке гравия или камня, закреплении рытвин и оврагов.

Изменение режима проточных вод, впадающих в водоем, обусловливает вынос первыми наносов и образование дельт. Если эти отло-

жения угрожают значительным засорением водоема, то необходимо регулирование этих притоков, укрепление их берегов и устройство барражей; то же касается и сухих долин и оврагов, могущих дать силевые выносы. В первые годы после сооружения принос некоторого количества мути в водоем желателен, так как она будет способствовать заилению его дна, т. е. уменьшению утечки воды; но позже она обусловит постепенное обмеление.

Плотина (барраж) представляет самую ответственную часть гидротехнического сооружения, от прочности и водонепроницаемости которой зависит долговечность последнего и правильность его работы. Наибольшей опасности подвергается граничная поверхность между основанием плотины и ее строением (телом), которая должна выдержать не только вертикальное давление, но и сдвигающие силы. Связь между телом и основанием должна быть прочная, водонепроницаемая, а тело совершенно неподвижно. Небольшие до 15 м земляные и вообще насыпные плотины возводят даже на толщах наносов; но у крупных каменных сооружений основание должно быть заложено на коренных породах достаточной прочности и водонепроницаемости. При этом зона выветривания, достигающая иногда нескольких метров толщины, должна быть удалена полностью; на разрыхленной, гнилой, растресканной скале устойчивость сооружения не может быть достигнута. Очищенная от выветрелой части скала должна быть возможно скорее покрыта кладкой во избежание влияния на нее атмосферных агентов. Коренные породы, на которых основана плотина, должны быть водонепроницаемые и хорошо выдерживающие ее давление. Предпочтительно, если пласты осадочных или трещины массивных пород падают к водоему, т. е. вверх по долине (фиг. 74 *Б*); допустимо также крутое падение вниз по долине (*В*); при пологом можно опасаться скольжения всего сооружения, а также утечки воды по плоскостям напластования или трещинам (*Г*). Простирание пород поперек плотины считается неблагоприятным опять таки из-за утечки воды и еще потому, что при неоднородности всей толщи разные части плотины лягут на породы не одинаковой твердости, что может вызвать неравномерную осадку тела, т. е. образование в ней трещин, проникновение воды и постепенное разрушение (*Д*). Состав и условия залегания коренных пород на месте плотины должны быть изучены возможно тщательно многочисленными шурфами (буровые скважины не достаточны), во избежание пропуска водопроницаемых, трещиноватых, неустойчивых слоев [1]).

Ради экономии и большей устойчивости сооружения для плотин особенно охотно выбирают скалистые сужения долин, расположенные ниже значительных расширений, так как в них, во первых, коренные

[1]) На фиг. 74 изображены четыре примера основания плотины на породах одинаковой устойчивости, но различной проницаемости. Примеры *Б* и *В* благоприятны, плотина упирается внутренним углом в водонепроницаемые породы, недопускающие фильтрацию воды под нее; в примере *Г* возможно скольжение, а в *Д*—фильтрация из водоема под плотину и даже ниже ее; плотина поставлена на синклинали.

породы залегают менее глубоко под наносами русла, во вторых—в скалистых склонах можно хорошо укрепить концы плотины и, в третьих, длина последней будет наименьшая. Кладку основания производят в выемке, углубленной в коренные породы дна; равным образом, оба конца плотины должны быть врезаны в скалы склонов и прочно связаны с ними цементом. Поэтому условия залегания и состав коренных пород склонов также должны быть изучены подробно. Примыкать плотину к оползням, осыпям и зоне выветривания недопустимо.

Необходимо исследовать место под плотиной также в отношении присутствия сбросов, сдвигов, поясов смятия, которые могут сделать сооружение неустойчивым в случае возобновления движений. Старые, давно уже залеченные (цементированные естественным путем) сбросы не опасны, при условии основания плотины на несмещенном крыле. В местностях, страдающих от частых и сильных землетрясений, тяжелые гидротехнические сооружения на будут долговечными, и катастрофа рано или поздно неизбежна.

В последнее время две новых катастрофы с барражами побуждают к особенно внимательному изучению места будущего сооружения; в ноябре 1925 г. необычайная прибыль воды прорвала плотину водохранилища Llyn Eigiau в Шотландии и обусловила сильный размыв долины ниже по течению, хорошо описанный в новой литературе (см. список IV, № 10). Катастрофа была обусловлена расположением барража на несоответствующем месте. В 1928 г. был уничтожен барраж в долине р. Сан-Франциск-квито в Калифорнии, только что возведенный для снабжения гор. Лос-Анжелес энергией; здесь причиной разрушения было расположение барража на породах разной и плохой устойчивости: одна треть стояла на конгломерате с глинисто-гипсовым цементом, а $^2/_3$ на слюдяном сланце; простирание пластов было почти перпендикулярно барражу. Конгломерат, в сухом состоянии совершенно твердый, быстро размокал в воде, что и вызвало просачивание и подмыв этой части барража; сланцы, разбитые тонким кливажем, также являлись мало устойчивым основанием, судя по обнажениям, в которых они распадаются на тонкие пластинки. Кроме того они отделяются от конгломерата, трещиной сброса. Можно только удивляться строителям этого сооружения, начатого в 1926 г., повидимому без участия геологов и даже без испытания устойчивости пород под основанием; простое погружение конгломерата в воду показало, что он быстро размягчается и расползается (см. список IV, № 17). В руководстве Редлих-Терцаги-Кампе (стр. 506—543) приведен ряд примеров удачных и неудачных плотин в разных геологических условиях и даны полезные указания по выбору места для плотины.

Вопрос о строительных материалах для плотины также требует внимания; условия полной прочности и устойчивости желательно сочетать с возможностью добычи строительного камня по соседству сооружения. Этот камень должен быть изучен макро- и микроскопически и испытан в механической лаборатории.

Водоподводный и водоотводный каналы должны быть проложены

по водонепроницаемой почве, а при пересечении неудовлетворительных в этом отношении мест укреплены глиняной или бетонной набойкой. Возможность оползней и обвалов со склонов вдоль канала должна быть изучена и предотвращена. При прокладке водоподводного канала подземной штольней трещиноватость, растворимость и водопроницаемость пород должны быть обследованы; если они вызывают некоторые сомнения, то штольня, в особенности водонапорная, заполняемая водой, должна получить облицовку из железо-бетона. Пособием является руководство Евдокимова (IV, № 3). Место для постройки водонапорной башни и машинного здания должно быть обеспечено от обвалов, оползней, лавин и силей, а почва под этими зданиями достаточно устойчива. Если избыток воды сливается через плотину или часть ее, то место, на которое падает вода, должно быть укреплено во избежание образования вымоин, которые могут постепенно распространяться под основание плотины. Это достигается навалом крупных валунов или глыб камня, о которые вода разбивается.

Каналы крупного поперечного сечения, проводимые для судоходства или для ирригации, также представляют ответственные гидротехнические сооружения, требующие предварительных геологических исследований. Дно и бока таких каналов должны быть водонепроницаемы, так как иначе цель их проведения не будет достигнута. Неизбежные во многих случаях отдельные участки пересекаемых водопроницаемых пород защищают бетонной или глиняной облицовкой; глина для последней выше среднего уровня воды должна быть смешана с песком, так как иначе она при высыхании будет трескаться, т. е. сделается проницаемой; так же укрепляют и поверхностные наносы в бортах канала. Если последний срезает склоны возвышенностей, то следует изучить возможность оползней последних и принять предупредительные меры. Проведение Панамского канала дает примеры огромных оползней с подрезанных склонов, сильно задержавших и удорожавших работы. В судоходных каналах берега выше уровня воды легко размываются волной, вызываемой ходом судна; поэтому они должны быть так или иначе укреплены.

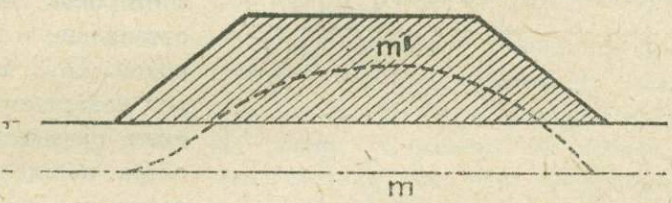
Инженерные работы в условиях вечной мерзлоты представляют много своеобразных затруднений, с которыми геолог, работающий на крайнем севере европейской части Союза и Западной Сибири и по всему пространству Восточной Сибири должен быть знаком.

Выпучивание деревянных мостов. При сильных морозах осенью деревянные мосты, основанные на сваях, забитых в наносы логов и долин, начинают выпучиваться вследствие замерзания водоносных слоев и увеличения их объема; выпираясь вверх, эти слои увлекают с собой и сваи, выдергивая их из грунта. Благодаря этому поверхность моста вместо горизонтальной становится плосковыпуклой, сросты расходятся, шипы выходят из гнезд, прогоны в сростах трескаются, перила ломаются, настил отстает, все верхнее строение расшатывается и мост становится, наконец, недоступным для проезда. Весной при оттаивании наносов, что затягивается иногда до половины лета, сваи постепенно

оседают, но неполностью и мост остается немного вспученным. Единственное средство—строить мосты в подобных местностях на каменных устоях, хотя бы с деревянным верхним строением.

Пучины полотна в районе развития вечной мерзлоты столь же распространены, как и вообще на севере. Но к ним присоединяется в теплое время продольное расползание полотна в насыпях, обусловленное тем, что после того, как насыпь выполнена, под ней начинается развитие вечной мерзлоты и поверхность мерзлого слоя, ранее параллельная земной поверхности, т. е. горизонтальная, поднимается валом вдоль полотна (фиг. 75). В теплое время года оттаивающий слой оказывается лежащим на мерзлом валу, вследствие чего начинается образование продольных трещин и сползание оттаявшей почвы в обе стороны.

Выемки, пересекающие вечную мерзлоту, в одних случаях требуют ремонта зимой, в других—летом. Скальные выемки с наступлением морозов начинают заплывать льдом благодаря тому, что грунтовая вода,



Фиг. 75.

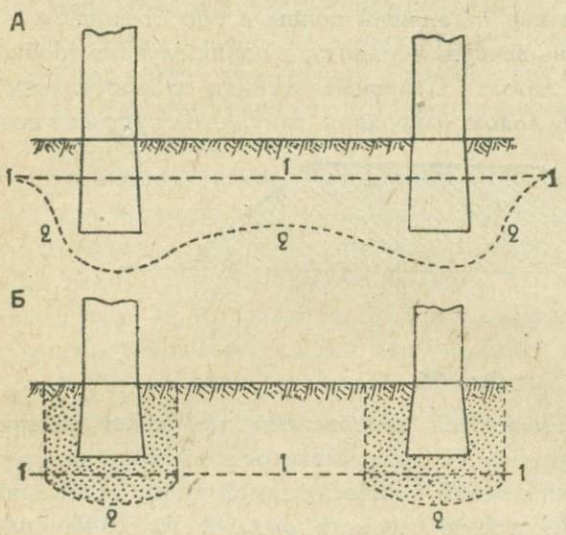
движение которой сверху стесняется замерзанием, не может уходить вглубь, где породы также мерзлые, и просачивается в выемку, намерзая слой за слоем на ее откосах. Выемки в наносах зимой также заплывают, а летом оттаивающий на некоторую глубину рыхлый грунт начинает сползать по поверхности мерзлоты. Глубокая выемка на перевале через Яблоновый хребет уже при ее проведении причинила много работы вследствие оползней, образовывавшихся по мере ее углубления в мерзлоте, но и до сих пор ежегодно требует ремонта.

Туннели также заплывают постепенно льдом в холодное время года (см. список V, № 1).

Каменные здания, возведенные на вечной мерзлоте, подвергаются постепенному разрушению. Врезая фундамент в вечно-мерзлый слой, мы заменяем часть последнего гораздо более теплопроводным материалом; поэтому граница мерзлоты в пределах здания должна измениться. Летом нагреваемые солнцем наружные стены передают теплоту через фундамент почве, которая под ним и вокруг него оттаивает и размягчается; здание должно садиться (фиг. 76 *А*, где *1*—граница вечной мерзлоты до постройки и *2*—после нее в теплое время года). Но эта осадка неравномерна, так как стены, обращенные на юг, нагреваются гораздо больше, чем северные; поэтому мерзлота под ними оттаивает глубже и оседают, главным образом, южные углы и трещины образуются в южных стенах. Зимой те же стены проводят вглубь холод, и оттаявшая почва опять замерзает, образующийся из воды лед увели-

чивается в объеме и поднимает стены вверх. Это ежегодное опускание и поднятие стен расшатывает кладку и в конце концов трещины становятся настолько обильными, что стены пропускают холод внутрь, а более высокие разрушаются. Если в отапливаемом здании имеются внутренние стены, которые проводят вглубь только тепло, то условия его устойчивости становятся еще более сложными и невыгодными. В здании котельной при мельнице в Петровском заводе (Забайкалье) разрушение произошло в тех местах, где был наибольший приток тепла. В Якутске здание реального училища совершенно разрушилось из-за устройства парового отопления в подвале.

Мерзлые слои, содержащие иногда до 40—50% льда, под влиянием нагревания через фундамент и пол сооружения, могут дать много воды; почва, вспученная прослойками льда, оседает при оттаивании и покрывается водой. При вскрытии полов для ремонта под зданием оказываются целые озера воды, что, естественно, делает стены сырыми и здание нездоровым, а также увеличивает его разрушение. Даже если верхняя граница мерзлоты лежит довольно глубоко и фундамент закладывается выше нее, в почве, оттаивающей летом, тепло, проводимое стенами, вызывает протаивание мерзлоты на некоторую глубину канавками под фундаментом (фиг. 76 *Б*); ежегодное оттаивание и замерзание этих канавок также отражается на устойчивости здания, хотя и слабее. Только если подошва фундамента отделена от верхней границы мерзлоты слоем в 3—4 м толщины оттаивание мерзлоты не замечается.



Фиг. 76.

Выработанные практикой меры для предохранения зданий от разрушения в условиях вечной мерзлоты следующие: при глубоком залегании мерзлоты делать фундамент менее глубоким, чтобы между его основанием и границей мерзлоты оставался промежуток в 3—4 м. Если это не достижимо, т. е. мерзлота залегает недостаточно глубоко, то котлован под фундамент выбирают до мерзлоты и вынутую пучинистую землю заменяют сухим песком, гравием или щебнем (фиг. 72 *Б*). Если граница мерзлоты залегает неглубоко и фундамент приходится основывать в мерзлоте, то, во первых, фундамент оштукатуривают цементом, чтобы придать ему гладкую поверхность, во вторых, засыпают котлован вокруг фундамента не вынутой землей, а сухим грубым

песком, гравием или щебнем и, в третьих, прокладывают в фундаменте и цоколе здания несколько изолирующих слоев из нетеплопроводных материалов. В нижнем этаже устраивают также непроницаемый пол, а фундамент, в виду возможных движений, делают не сплошным, а с вертикальными прорезами. Полезно также уменьшение веса сооружения—употреблением легковесных материалов для кладки и устройства в стенах и фундаменте воздушных колодцев. Рекомендуют также, для предохранения мерзлоты под фундаментом от оттаивания, выбирать котлован на большую глубину и устраивать искусственное основание из малотеплопроводного материала—кварцевого песка, паровозного шлака, битого кирпича.

В деревянных зданиях печи, основанные на каменном фундаменте, врезанном в мерзлоту или заложенном вблизи ее границы, также разрушаются; необходимо возводить их на деревянном срубе, зарытом в землю. Дымоходы в стенах нужно обводить воздушной разделкой. Фабричные трубы строят из двух концентрических оболочек, соединенных в шахматном порядке сводиками в полкирпича.

Вредное влияние неравномерной осадки в водопропускных трубах под полотном дорог, в туннелях и т. п. устраняют тем, что облицовка их делается не сплошной, а с сквозными вертикальными щелями.

Каменные устои мостов, заложенные на вечной мерзлоте, не обнаруживают осадки и выпучивания, так как поверхность нагрева солнцем у них незначительна сравнительно с общим объемом; но замечено, что они зимой наклоняются немного к реке, а летом выпрямляются. Выпучивание свай деревянных мостов устраняется тем, что их забивают не прямо в землю, а в котлован, выбранный на глубину оттаивания или промерзания и заполненный песком, гравием, галькой или щебнем (см. список IV, №№ 3, 4, 5).

Водоснабжение станций железных дорог в условиях вечной мерзлоты также связано с затруднениями. Глубокое зимнее промерзание требует прокладки труб на большой глубине, ниже промерзающего слоя. Но если проложить водопроводную трубу, напр., из речки к водоподъемной башне, по мерзлоте, то вода в ней также замерзнет и трубу разорвет. Поэтому, если мерзлота залегает неглубоко, необходимо прокладывать вдоль водопроводной трубы еще паропроводную, согревая последнюю отработанным паром. При значительной мощности мерзлого слоя нельзя получить грунтовую воду неглубокими колодцами; их приходится углублять до таликов, нередко на 20—30 м.

Вымерзание мелких речек и озерков до дна затрудняет зимнее водоснабжение. Если нельзя получить достаточное количество воды из наносов под руслом реки или озерка, то зимой приходится таять лед и для получения последнего в необходимом количестве устраивать на речке плотину, создавая пруд; осенью, пока он не промерзнет до дна, воду берут из него, а потом пользуются льдом. Разнообразные поучительные примеры поисков источников водоснабжения в условиях вечной мерзлоты на Амурской ж. д. можно найти у Львова (см. список V, № 3), менее у Сергеева (№ 7).

Главнейшая литература

I. Общие руководства по „инженерной" геологии

1) Вагнер, К. Приложение геологии к инженерному делу. Перевод И. Мушкетова. Сборн. Инст. Инж. Пут. Сообщ., XI, СПБ, *1887*.

2) Штини, И., Мушкетов, Д. Техническая геология. Гос. Изд. Москва—Ленинград, 305 стр., *1925*.

3) Kranz, W. Die Geologie im Ingenieur-Baufach. Stuttgart, 425 стр., *1927* (главным образом вопросы гидрогеологии и гидротехники).

4) Ries, H., Watson, T. Engineering geology, N. York, 708 стр., *1925*.

5) Searles and Ives, Field engineering. 2 vol., 19 ed., 683 стр.

6) Redlich, K., Terzaghi, K., Kampe, R. Ingenieurgeologie. Berlin, 708 стр., *1929* (лучшее руководство).

7) Stiny, I. Technische Geologie. Stuttgart, 789 стр., *1922*.

С 1929 г. в Вене начал выходить журнал „Geologie und Bauwesen", помещающий исключительно статьи, имеющие отношение к приложению геологии к инженерным работам.

II. Строительные материалы

Данные о месторождениях разнообразных строительных материалов СССР, их добыче, технологии, применении и ценах можно найти в изданном Ком. по изуч. ест. произв. сил при Академии Наук сборнике:

1) Нерудные ископаемые, 4 тома, Ленинград, *1926—29* (для каждого материала приведена и литература).

Той же Комиссией в качестве „Материалов" изданы еще:

2) Каменные строительные материалы. Сборник 1, Л., *1923*, 183 стр., вып. 41. То же, сборник 2, 138 стр., *1924* (вып. 48) и карта, вып. 54, *1925*.

3) Тимофеев, В. Мраморы Олонецкого края. Материалы, вып. 37, Ленинград, 91 стр., *1920*.

Из более старой и иностранной литературы укажем важнейшие:

4) Бобарыков, И. Материалы по испытанию строительных камней Зап. Сибири. Изв. О-ва Сиб. Инж., 50 стр.

5) Богданович, К. Каменные строительные материалы. СПБ., *1913*, 100 стр.

6) Львов, А. Результаты испытаний естественных строительных материалов Западно-Амурской ж. д. 1911—1913, Иркутск, *1914*.

7) Тутковский, П. Месторождения строительных камней в Луцком уезде, Волынской губ. Житомир, 332 стр., *1912*.

8) Cahen, J., Bruet, E. Carrières, plâtrières, ardoisières. Paris, 283 стр., *1926*.

9) Herrmann, O. Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. 2 Aufl. Berlin, *1916*.

10) Hirschwald, I. 1) Leitsätze für die praktische Beurteilung, zweckmässige Auswahl und Bearbeitung natürlicher Bausteine. Berlin, *1915*. 2) Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. Berlin, *1912*.

11) Keilhack, K. Berechnung von Geschiebemengen in Endmoränen. „Ztschr. prakt. Geol", 129—133, *1900*.

12) Reinecke, L. Non-bituminous road materials. „Econ. Geol.", XIII, 557—597, *1918*.

13) Seipp, H. Die Wetterbeständigkeit der natürlichen Bausteine etc. Jena, 191 стр., *1900*.

Ряд небольших статей о разных строительных материалах помещен в журнале „Минер. сырье и его переработка", Москва, *1926—29*.

III. Дорожное строительство

1) Анерт, Э. Горно-геологические исследования вдоль восточной половины Амурской ж. д. в 1895 г. Геол. иссл. и разв. раб. по лин. Сиб. ж. д., вып. 31. СПБ., *1910*.

2) Архангельский, А. 1) О результатах осмотра на месте вариантов обходной линии на участке Сызрань-Батраки. „Изв. Геол. Ком.“, № 6, прот. 339—343, *1915*. 2) Отзыв о геологических условиях перехода через Волгу у Саратова и Увека. „Изв. Моск. Отд. Геол. Ком.“, 141—145, 1919. СПБ., *1923*.

3) Богданович, К. Несколько замечаний о геологических условиях сооружения Черноморской ж. д. от Туапсе до Ново-Сенак. Тр. 2-го съезда деят. практ. геол., в. 1, 79—90, СПБ., *1913*.

4) Богословский, Н., Борисяк, А., Фохт, К. Материалы по вопросу об осадке пути на 933—4 в. Курско-Харьково-Севастопольской ж. д. „Изв. Геол. Ком.“, № 3, прот. 37—65, *1912*.

5) Войслав, Г. Краткое описание причины пучения полотна Николаевской ж. д. Тр. Бюро иссл. почв, *1896*.

6) Глинка, С. Железнодорожные работы в ползучих (неустойчивых) грунтах. „Журн. М. Пут. Сообщ.“, № 6, 1185—1222, *1890*.

7) Дитмар, Н. Геолого-технические изыскания при постройке Рязанско-Казанской ж. д. Тр. 1-го съезда деят. практ. геол. 1903 г., 305—352, СПБ., *1908*.

8) Евдокимов-Рокотовский, М. И. 1) Основы геологии при проведении туннелей. Изд. Красн. Знамя, Томск, *1928*. 2) Давление горных пород и расчет туннельных обделок. Там же, *1927*. 3) Стреляние горных пород. Там же, *1928*.

8а) Записка об осадках и провалах насыпей на Вологодско-Архангельской ж. д. Изд. О-ва Моск.-Яросл.-Арх. ж. д., *1898*.

9) Иванов, Д. Л. 1) Уфимские воронки. Провалы на Самаро-Златоустовской ж. д. Изд. Собр. Инж. П. С., 63 стр., *1899*. 2) Значение геологич. исследований для устойчивости полотна Уссурийской ж. д. „Изв. О-ва Горн. Инж.“, *1894*. 3) Обвалы железнодорожных откосов. „Изв. В.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва“, 32, № 1—2, 46—64, *1901*. 4) Постоянная служба инженер-геологов при жел. дорогах. Тр. 1-го съезда деят. практ. геол. 1903 г., 291—294, СПБ., *1908*.

10) Каракаш, Н. Из практики геолого-технических изысканий при постройке Тифлис-Карсской и 2-й Екатерининской ж. д. Тр. 1-го съезда деят. практ. геол. 1903 г., 295—304, СПБ., *1908*.

11) Краснопольский, А. и Чарноцкий, С. 1) Отзыв о возможности проведения тоннеля в Окском косогоре. „Изв. Геол. Ком.“, № 9—10, прот. 488—492, *1916*. 2) Разбор записки А. Чернова по поводу проекта тоннеля в Окском косогоре. Там же, № 5—7, прот. 142—146, *1917*.

12) Левинсон-Лессинг, Ф. О значении геологии при проведении тоннелей. Тр. 2-го съезда деят. практ. геол., в. 1, 17—33. СПБ., *1913* (большой список литературы о тоннелях).

13) Левинсон-Лессинг, Ф. и Зайцев. К вопросу о давлении в тоннелях. СПБ., *1915*.

14) Левинсон-Лессинг, Ф. и Яхонтов, Н. Изогеотермы в Архотском тоннеле. Белянкин, Д. К петрографии Архотского тоннеля. Геологическая карта Архотского тоннеля. Геол. иссл. в обл. Перевальной ж. д. через Главн. Кавк. хребет, изд. Упр. по Соор. Ж. Д. СПБ., *1914*.

15) Львов, А. 1) Технико-геологическое описание линии I и II уч. от ст. Байкал до ст. Култук. Упр. постр. Кругобайк. ж. д. М. П. С. Иркутск, 35 стр., с 60 рис., *1904*. 2) Технико-геологическое описание линии западной части Амурской ж. д., *1911*.

16) Любимов, Л. Пучины на железных дорогах и меры к их устранению. 3-е изд., 121 стр., Москва, *1926*.

17) Михальский, А. О причинах возникновения провалов в пределах 452—454 в. Вильно-Ровенского участка Полесских ж. д. „Изв. Геол. Ком.“, прот. 149—155, *1901*.

18) Мушкетов, И. Геологические исследования вдоль линии Кругобайкальской ж. д. Изд. Мин. П. С. СПБ., *1904.*

19) Отчет комиссии для изучения геологических условий подхода к Увекскому мосту Рязано-Уральской ж. д. „Изв. Геол. Ком.“, № 6, прот. 363—378, *1915.*

20) Ренгартен, В. Геолого-технический отчет по исследованию северной части проектируемой Перевальной ж. д. Геол. иссл. в обл. Перевальной ж. д. через Главн. Кавк. хребет, изд. Упр. по Соор. Ж. Д., 72 стр. с 10 табл. СПБ., *1914.*

21) Розанов, А. Обследование обвала в Сызранском тоннеле. „Изв. Геол. Ком.“, № 1, 91—100, *1919.*

22) Рязанов, В. Д. Вероятное геологическое строение хр. Зыркузун в месте пересечения его тоннелем, проектированным для Кругобайкальской ж. д. „Горн. Журн.“, № 2, 188—195, *1898.*

23) Сакович, Е. Железнодорожные работы в неустойчивых грунтах. „Инж. Дело“, № 2—3, *1895.*

24) Серебровский, С. О классификации каменистых грунтов на работах по переустройству горных участков Сибирской ж. д. между Ачинском и Иркутском. Тр. 2-го съезда деят. практ. геол., в. 2, 119—126, СПБ., *1914.*

25) Сергеев, М. Исследование болот по линии Амурской ж. д. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, 34, в. 4, 483—489, *1898.*

26) Цишевский, И. Исследование перехода Астраханской ж. д. через дельту р. Волги, *1904.*

27) Чарноцкий, С. 1) Отчет о командировке в г. Вольск для исследования вопроса об оползнях на линии Рязанско-Уральской ж. д. „Изв. Геол. Ком.“, № 5, прот. 231—254, *1915.* 2) Отчет о геологических исследованиях вдоль подхода к Волге по проекту инж. Лохтина. Там же, № 9, прот. 560—571, *1915.*

28) Чернов, А. и Швецов, М. Отчет о геологических исследованиях в полосе провалов на 5 уч. проектированной линии Казань—Екатеринбург. Изд. О-ва Моск.-Каз. ж. д., 38 стр. с 17 рис., *1914.*

29) Яковлев, Н. Отзыв о подходах железной дороги к городу Уфе. „Изв. Геол. Ком.“, № 8, прот. 384—337, *1916.*

30) Ячевский, Л. Геологические условия постройки Зыркузунского тоннеля. Геол. иссл. и разв. раб. по лин. Сиб. ж. д., в. 11, 1—11, *1899.*

31) Dann, P. Elastic stresses in the rocks surrounding pressure tunnels, Proc. Amer. Soc. Civil Eng., April, *1923.*

32) Kranz, W. Ursachen und Folgen der Katastrophe vom 24/VII 1908 beim Lötschberg-Tunnelbau, Geol. u. Bauwesen I, H. I, Wien, *1929.*

33) Michael, R. Dienemann, W. Die Rutschungen im Eisenbahneinschnitt Rosengarten. Jahrb. Pr. Geol. Land. Anst., 47, *1926.*

34) Oberste-Brink, K., Weissner, J. Bergschäden an Strassen und Eisenbahnen und Maassnahmen zu ihrer Beseitigung und Verhütung. „Glückauf“, 439–444, *1924.*

35) Pressel, K. Experimentale Methode der Vorausbestimmung der Gesteinstemperatur im Innern eines Gebirgsmassivs, München-Berlin, *1928.*

36) Singer, M. Die Bodenuntersuchung für Bauzwecke, Leipzig, *1911.*

37) Stini, J. 1) Rutschungen, Gebirgsdruck, Bergbauschäden und Baugrundbelastung, Wien, *1928.* 2) Zerrüttungstreifen und Steinbruchbetrieb, 3) Zur Schubfestigkeit der Böden. 4) Ueber Stosstauchung des Baugrundes (2—4 в журнале „Geol. und Bauwesen“, I, H. I, Wien, *1929*).

38) Teller, F. Geologie des Karawankentunnels, Denk. Ak. Wiss. Wien, math. nat. Kl. 82, *1910.*

39) Terzaghi, K. Erdbaumechanik auf bodenphysicalischer Grundlage, Leipzig—Wien, *1925* (новейшее сочинение по исследованию устойчивости грунтов).

40) Wegele, H. Erdrutschungen. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, I, Bd. 2, Leipzig, *1905.*

IV. Гидротехнические сооружения

1) Болдырев, А. Опыты над фильтрацией в горных породах in situ в связи с проектом водохранилища на р. Чу в Туркестане. Мат. Общ. и Прикл. Геол., в. 27, *1926.*

2) Вайполин, А. Наблюдения над фильтрацией в малопроницаемых коренных породах. Там же.

3) Евдокимов-Рокотовский, М. И. Расчет и сооружение гидротехнических туннелей. Томск, *1929.*

4) Ляхницкий, В. Основы морского портостроения. Тр. Отд. портостроения, в. 62, *1919* и *1924.*

5) Нифантов, А., Каменский, Г. Гидрогеологические исследования в связи с устройством водопроводных сооружений и водохранилищ. Мат. цент. гидр. станции Наркомзема, в. 2, *1929.*

6) Славянов, Н. Геологический очерк места намеченного варианта гидроэлектрической станции на Баксане. „Вестн. Геол. Ком.", № 5, 72—75, *1925.*

7) Слихтер, Ч. Подземные воды. Перевод А. Стопневича. СПБ., 26 стр., *1912.*

8) Ampferer, O., Pinter, K. Ueber geologische und technische Erfahrungen beim Bau des Achenseewerkes in Tirol, *1927.*

8a) Buchanan, R. Hydro-electric power development in New Zealand. „Geogr. Journ.", май, *1930.*

9) Burre, O. Ueber die Eignung von Gesteinen zu Talsperren. „Ztschr. prakt. Geol.", № 8, 125—134, *1925.*

10) Fearnsides, W., Wilcöckson, W. H. A topographical Study of the flood-swept course of the Porth Llwyd above Dolgarrog. „Geogr. Journ.", ноябрь, *1928.*

11) The Grand Coulee and the Columbia basin irrigation project. „Geogr. Journ.", № 6, 470—474, *1924.*

12) Leppla. Geologische Vorbedingungen der Staubecken. Zentralbl. für Wasserbau und Wasserwirtschaft, № 19—22, *1908.*

12a) Lugeon, M. Etude géologique sur le projet de barrage du Haut Rhône. Mém. Soc. Géol. France, IV s., t. II, № 8, *1912.*

13) Mac Donald. Some engineering problems of the Panama canal in their relation to geology and topography. Bur. of Mines Bull. № 86. Washington. *1915.*

14) Mattern, E. Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft. Berlin, 107 стр., *1902.*

15) Patton, L. Geology and location of dams on the Canadian river, Texas. „Econ. Geol.", XX, № 5, 464—469, *1925.*

16) Pollack, V. Technisch-geologische Bemerkungen für Anlage und Bau der Wasserkraftwerke. „Ztschr. d. Österr. Ingen. und Archit. Ver. Wien", H. 1—2, 3—7, *1925.*

17) Ransome, F. L. Geology of the St. Francis dam-site. „Econ. Geol.". № 5, *1928.*

18) Steinert, M. Die geographische Bedeutung der Talsperren. Ztchr. Gewässerkunde, X. H. 4, 79 стр., *1911.*

19) Stiny, I. Einige Folgeerscheinungen der Spiegelabsenkung von Speicherbecken. Wege zu ihrer Voraussicht und Anschätzung. 1 Teil. Geol. u. Bauwesen, Wien, I, H. 1, *1929.*

20) Strange, W. L. Indian engineering relating to irrigation, water supply of towns, roads and buildings. London, *1923.*

21) Streck, O. Aufgaben aus dem Wasserbau, 371 стр. Berlin, *1924.*

22) Stremme. Ueber die geologischen Ursachen der Zerstörung der Talsperren. „Ztschr. prakt. Geol.", № 2, *1917.*

23) Wilser, I. 1) Geologische Voraussetzungen für Wasserkraftanlagen. Berlin, 58 стр., *1925.* 2) Misserfolge bei Wasserkraftanlagen und ihre Geologie. Berlin, *1927.*

24) Winkel, O. Die Talsperren im Königreich Sachsen. „Pet. Mitt.", H. 11, *1913.*

25) Kranz, W. Die Geologie im Ingenieur-Baufach. Stuttgart, *1927* (на стр. 348—395

содержит много новых данных относительно геологических исследований при постройке мостов, плотин и барражей, а также списки литературы).

26) Bryan, K. Geology of reservoirs and dam-sites with a report on the Owyhee irrigation project, Oregon. U. S. Geol. Surv. Wat. Suppl. Par. 597. Washington, 1—72, *1929*.

V. Сооружения в условиях вечной мерзлоты

1) Богданов, Н. Вечная мерзлота и сооружения на ней. Выс. учр. особ. ком. для всестор. изуч. жел.-дор. дела в России. СПБ., *1912*.

2) Константов, С. О глубоком промерзании, обнаруженном при проведении тоннеля на 143—172 в. Восточно-Амурской ж. д. „Изв. Геол. Ком.“, № 9, 987—1006, *1914*.

3) Львов, А. Поиски и испытания водоисточников водоснабжения на западной части Амурской ж. д. в условиях „вечной мерзлоты“ почвы, 181 стр. с атласом. Изд. Мин. Пут. Сообщ. Иркутск, *1916*.

4) Любимов, Л. Пучины на железных дорогах и меры к их устранению. 3-е изд. Москва, *1926* (стр. 77—86 касаются мостов и зданий в условиях вечной мерзлоты).

5) Мациевич, В. Случаи возведения сооружений на вечно-мерзлой почве. „Изв. О-ва Гражд. Инж.“, январь, *1907*.

6) Пассек, А. Местные условия, климат и вечномерзлые грунты головного участка Зап. Амурской ж. д. „Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ.“, № 3, *1911*.

7) Сергеев, М. 1) Геотермические наблюдения по линии Сибирской ж. д. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, 34, в. 4, 463—482, *1898*. 2) Исследования по линии Забайкальского участка Сибирской ж. д. для выяснения условий водоснабжения будущих станций. Геол. иссл. и разр. раб. по лин. Сиб. ж. д., в. 4, 58—83, *1896*.

8) Янчуковский, А. О влиянии вечной мерзлоты на работы на приисках системы р. Бодайбо. „Вест. Золот.“, Томск, № 11, *1893/94*.

9) Цытович, Н. А. Вечная мерзлота как основание для сооружений. Сборник „Вечная мерзлота“, КЕПС Ак. Наук, Мат. № 80, *1930*.

10) Чернышев, М. Я. Деформация каменных зданий от пучин мерзлого грунта. „Строит. промышл.“, № 12, *1927*.

См. также литературу в конце главы XII о донном льде и в конце главы XV о вечной мерзлоте.

ГЛАВА XVIII

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИИ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

До изобретения огнестрельного оружия военные действия происходили почти исключительно на земной поверхности и даже осада городов и крепостей производилась без подземных работ; стенобитными орудиями пробивали в каменных стенах брешь, в которую и направлялись штурмующие колонны; в исключительных случаях вели возможно короткие подкопы, чтобы прорваться неожиданно внутрь укрепления.

Изобретение пороха не много изменило дело; войска противников сходились в какой либо местности, выбранной одним из них в качестве удобной по рельефу для защиты или нападения; артиллерийский обстрел подготовлял атаку кавалерии и пехоты, которая быстро решала сражение. Только при осада крепостей дело затягивалось: осаждаемый пря-

тался за стенами и насыпями, осаждающий скрывался в окопах и старался приблизиться к укреплениям посредством подземных галлерей, которые велись под позиции противника, чтобы разрушить взрывом мин насыпи или стены, сделать брешь и прорваться внутрь крепости, где рукопашный бой решал все. Осаждаемый старался предупредить мины контрминами, подводя заблаговременнно свои галлереи под галлереи противника и взрывая их, или проводя галлереи под позиции противника, чтобы сделать успешную вылазку. Но о значении геологии для этих подземных работ никто не думал.

С половины XIX века усовершенствование орудий истребления усложнило крепостную войну; каменные стены старых крепостей не могли выдержать разрушительное действие дальнобойных пушек; пришлось закрывать их более или менее толстым слоем насыпной земли, защищать казармы и склады внутри крепости тем же способом или делать их подземными. Постепенно одиночная крепость превратилась в систему отдельных фортов, расположенных кольцом вокруг главной базы и не позволявших противнику приблизиться к последней. Приходилось каждый форт обстреливать и штурмовать отдельно, причем соседние форты защищали друг друга. Так было во время франко-прусской войны 1870--71 г. и русско-турецкой 1877—78 г. Но и в это время о значении геологии для осадных и защитных работ еще не думали.

Последняя европейская война имела уже совсем иной характер; пулеметы, дальнобойность и сила орудий, разрушительное действие их снарядов, применение ядовитых и удушающих газов, употребление аэропланов для дальней разведки, корректирования обстрела и воздушных атак не только позиций, но и глубокого тыла противника—все это заставило массы встретившихся войск целиком уйти в землю. Война повсюду в сущности сделалась крепостной, с той разницей, что крепость приходилось возводить наскоро на вновь занятой позиции, чтобы отстоять ее. Месяцами армии сидели на том же месте друг против друга, закопавшись в окопы, огражденные колючей проволокой, подготовляя обстрелом, газами, минами атаки позиций противника, во время которых войска выходили наружу и погибали массами, чтобы отвоевать несколько километров пространства.

Уже вскоре после начала войны, когда выяснился ее позиционный характер, на германско-французском фронте стали убеждаться в пользе геологии для прочности, сухости, быстроты возведения окопов, подземных убежищ и складов, их водоснабжения и оздоровления. Мало по малу результаты работы первых геологов, привлеченных с этой целью на фронт, доказали необходимость широкого участия их для изучения геологического состава местности, для указания наиболее выгодных мест при всевозможных подземных работах, при поисках воды, осушении, проложении дорог и т. д. В тех частях действующих армий, где услугами геологов пользовались шире, успех оказался наибольшим в отношении сбережения времени, средств и здоровья солдат.

В будущей войне значение геологии еще возрастет; усиление воз-

душных флотов, как по количеству, так и по силе машин, производится с целью засыпать взрывчатыми и газовыми снарядами не только позиции, но и глубокий тыл противника, его базы, склады, штабы, даже города. Судя по сообщениям научных журналов, химики запада Европы и Северной Америки заняты поисками еще более тяжелых и ядовитых газов, которые должны проникать глубоко в землю, уничтожая скрывшегося в ней противника; все еще увеличивают силу взрывчатых веществ и дальнобойность орудий. Армиям придется, спасаясь от снарядов и газов, зарываться еще глубже в землю, строить большие подземные казармы, огромные склады, прятать под землей все уязвимые органы управления и связи. При таком обилии и необходимых размерах подземных работ без точных геологических и гидрологических карт никак нельзя будет обходиться, а для истолкования их, направления всех работ нужны будут многочисленные геологи, систематическая и заблаговременно спланированная организация геологической службы, а не более или менее случайная, зависящая от доброй воли и дальновидности командующего той или иной армией, как было во время минувшей войны. Поэтому каждый геолог должен быть осведомлен в общих чертах о предстоящих запросах и задачах. Такое осведомление только и преследует настоящая глава, заимствованная, главным образом, из книги Вильзера (см. список, № 10); детальные указания и руководство работами должны даваться в зависимости от местных условий геологическими органами при штабах, которые должны иметь геологические и гидрологические карты данной местности с пояснительными записками и инструкциями.

Военно-геологические карты, изготовление которых входит в обязанности геолога, слéдующие:

1) Карта грунтовых водных горизонтов в горизонталях.

2) Карта водоснабжения, показывающая районы безводные, бедные и богатые водой, артезианские, а также простейшие способы получения воды (ключи, колодцы, мелкие и глубокие скважины).

3) Карты сопротивления и устойчивости горных пород.

4) Карта мощности поверхностного сухого слоя с изображением шестью изогипсами через 2 м (седьмая показывает все, что ниже 12 м).

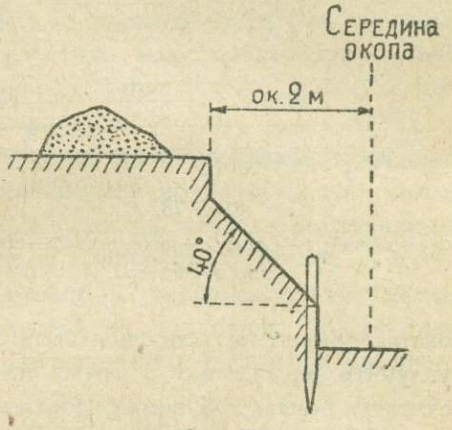
5) Карта остальных важных для военных целей особенностей местности: покров выветривания пород, наличие под верхними водоупорными породами влагоемких (для спуска в них воды), размягченность и устойчивость грунтов, места нахождения гальки, щебня, песка для бетонирования и дорожных материалов, проходимость болот, глубина озер, бродов, проходимость (плотность) речных наносов и вообще долинного аллювия; места, опасные по обвалам и лавинам в горах, подвижные осыпи и т. п.

Окопы служат для защиты солдат от ружейного и пулеметного обстрела и связываются ходами для безопасного сообщения передовых линий с подземными убежищами, складами и пр. С окопов начинаются земляные работы при занятии какой нибудь позиции; быстрота их воз-

ведения и устойчивость зависят от качества грунта, и геолог должен выяснить и указать наиболее благоприятные места; для этого нужно непосредственное изучение местности, так как геологические карты, помогающие ему при этой работе, обыкновенно имеют недостаточно крупный масштаб и не показывают всех разновидностей наносов и водоносных горизонтов; то и другое придется выяснить на месте.

В твердых породах проведение окопов медленно и затруднительно, но зато они устойчивы и могут иметь вертикальные стенки, что сокращает работу.

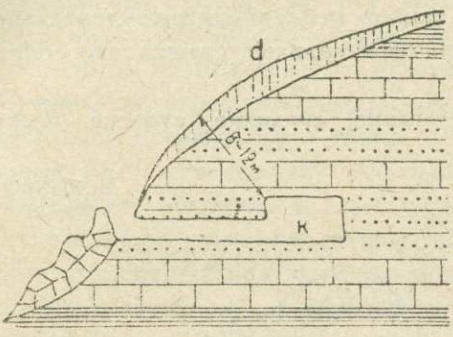
В рыхлых или мягких породах—глине, суглинке, супеске, песке, галечнике—вертикальные стенки не держатся долго и начинают осыпаться, а после дождя сползать или обваливаться до тех пор, пока порода не получит свойственного ей естественного уклона. В таких породах приходится или сплошь крепить стенки досками, кольями или плетнем или расширять их, как показано на фиг. 77; верх держится благодаря растительным корням, средняя часть имеет почти естественный откос, низ закрепляется кольями на высоту до 0,5 м. Всякое крепление не должно быть водонепроницаемым, так как для устойчивости полезнее если вода из грунта может стекать, а ветер и солнце могут просушивать стенки. В чистом лёссе, который нужно отличать от лёссовидного суглинка (представляющего деградированный лёсс) по способности первого вскипать от кислоты, меньшей твердости и более светлому цвету, стенки окопов могут быть вертикальны, но требуют ухода. В рухляках вертикальные стенки страдают от мороза. В дюнном песке нельзя обойтись без сплошной крепи. При менее устойчивом грунте землю, вынутую из окопа, не следует нагромождать возле бортов последнего, так как она будет давить из них, увеличивая неустойчивоссь стенок.



Фиг. 77.

Необходимо принимать во внимание **уровень грунтовой воды**, ниже которого дно окопа не должно опускаться, так как иначе на нем будет стоять вода. Поэтому дно долин и обширные равнины не годятся для возведения окопов, так как в них вода обыкновенно появляется на глубине меньшей, чем необходимая глубина окопа. В таких местностях нужно искать участки достаточно мощной водонепроницаемой почвы—глины, суглинка—конечно, если они не покрыты водой сверху. Указания в этом отношении дают растительность и постройки; сосна, пашни, селения отмечают более сухие участки, где грунтовая вода глубже; густая трава, осока, ель, ольха и другие лиственные деревья занимают участки более влажные. Террасы на склонах долин благоприятны, если

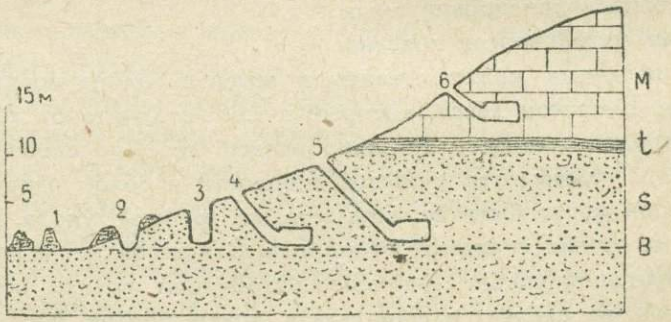
поднимаются больше, чем на 2 м над дном. На склонах долин и высот можно наткнуться на несколько водоносных горизонтов, что создаст затруднения. Нужно также принимать во внимание климат местности; если осадки выпадают главным образом в первой половине лета, а вторая половина и осень сухие, то к концу лета уровень грунтовых вод понижается, и окопы можно возводить в таких местах, где весной и летом они были невозможны. Там, где весна и начало лета сухие, а осадки начинают выпадать позже, окопы, углубленные весной, летом могут быть затоплены. Зимой углубление окопов в мерзлой почве требует оттаивания последней огнем или паром, что замедляет работу; зато промораживанием можно врезаться и ниже уровня грунтовых вод и вообще в грунт, неустойчивый в теплое время года; но весной такие окопы заплывут, если не будут укреплены. Если окопы обязательно должны быть возведены в местности, где их нельзя углубить достаточно в грунт из-за воды, то недостающую высоту достигают присыпкой земли, доставленной со стороны.



Фиг. 78.

d—делювий; *t*—глина; *c*—известняк; *s*—песчаник; *k*—камера.

Подземные выработки имают назначение создать защищенные от



Фиг. 79.

1—окоп насыпной; *2*—окоп врезанный отчасти; *3*—окоп врезанный; *4*, *5*, *6*—камеры разной степени защищенности; *M*—мергель; *t*—глина; *s*—песчаник; *B*—уровень воды.

снарядов убежища для отдыхающей после пребывания в окопах смены, для резервов, командных постов, складов военного снаряжения всякого рода. Подземные камеры должны быть заложены на глубине 12 м для защиты от бомб и снарядов в 22 см и на глубине 8 м для защиты от снарядов в 15 см, т. е. могут быть возводимы только там, где уровень грунтовых вод глубже; иначе они требуют сильного крепления, водоотлива и всетаки будут сырые и для жилья вредные.

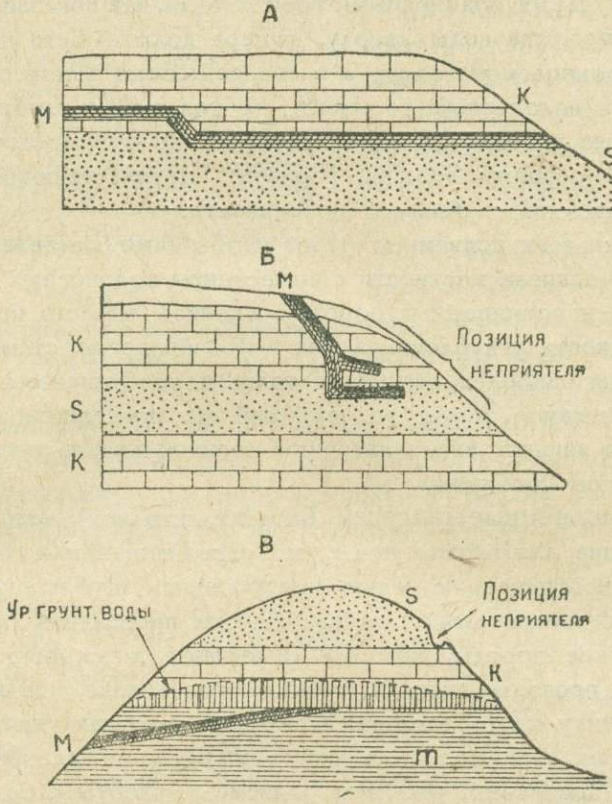
В крутом склоне легко пройти горизонтальной штольней вглубь и на соответствующем расстоянии в 8—12 м от поверхности, считая по кратчайшему направлению (фиг. 78), расширить ее в камеру надлежащих размеров; для быстроты работы нужно выбирать пласт более мягкой породы, но с достаточно устойчивой кровлей. В пологих склонах углубляют наклонную (под углом до 45°) шахту, которую затем расширяют в камеру на соответствующем расстоянии от поверхности. Такие камеры нужно возводить или выше уровня грунтовых вод или же в промежутке между двумя водоносными горизонтами, как показывает фиг. 79. Во избежание прорыва воды сверху, камера должна быть не в верхней части водонепроницаемой толщи, а в средней. Если водонепроницаемый пласт, несущий водоносный горизонт, не толстый и глубже залегают водопроницаемые породы, то можно спустить воду посредством трубы в последние и осушить верхний горизонт, препятствующий закладке камер на достаточной глубине от поверхности.

Для успеха всех подземных работ необходимо составление точного геологического разреза местности с нанесением водоносных горизонтов, проницаемых и непроницаемых пород, с оценкой качеств последних относительно легкости углубления в них и устойчивости стенок и сводов для определения наиболее выгодных толщ и требующегося крепления штолен, шахт и камер. Материал, вынутый из последних, может быть употреблен для защиты входа насыпной стенкой и возведения насыпных окопов или ходов сообщения.

Подземные минные галлереи (штреки, штольни) ведутся под позиции противника для взрыва последних перед атакой или под подобные же выработки противника, с целью предупредить его намерения, и нередко достигают значительной длины. Для их проведения нужно выбирать более мягкие породы, которые облегчают и ускоряют работу и, кроме того, не проводят звук на большое расстояние, что может обнаружить противнику место подкопа. В твердых породах удары кайл, молота по клиньям передаются далеко, тем более сверление шпуров и взрывы. Если противник услышит подземные работы с большого расстояния, он всегда может принять соответствующие меры, чтобы помешать их окончанию. Если всетаки приходится вести галлерею по твердым породам, то вращательные перфораторы в отношении производимого шума лучше ударных. Целесообразно вести галлерею по самой верхней части мягкого пласта, чтобы иметь твердый в кровле и избавиться от сложного крепления. Понятно, что нужно также выбирать неводоносные пласты, так как работа в водоносных будет трудна и малоуспешна. Пласты глин, суглинков, песков, очень мягких песчаников, хрупких, легко разбиваемых мергелей являются наиболее подходящими для этих работ, до начала которых необходимо изучение состава горных пород и условий их залегания. Но, проводя галлерею по водонепроницаемой породе, выше которой залегает водоносная, не следует слишком приближаться к почве последней во избежание прорыва воды в выработку. Фиг. 80 показывает примеры целесообразно и нецелесо-

образно проведенных галлерей из практики франко - германского фронта.

Под речной долиной можно провести галлерею только в том случае, если на достижимой глубине залегают водонепроницаемые породы, как показывает фиг. 81 *Б*; в случае. изображенном на фиг. 81 *А*, проведение невозможно. Лучше вести минную галлерею в благоприятной породе на большей глубине и на большее расстояние, чем в неблагоприятной на малой глубине из передовых окопов.



Фиг. 80.

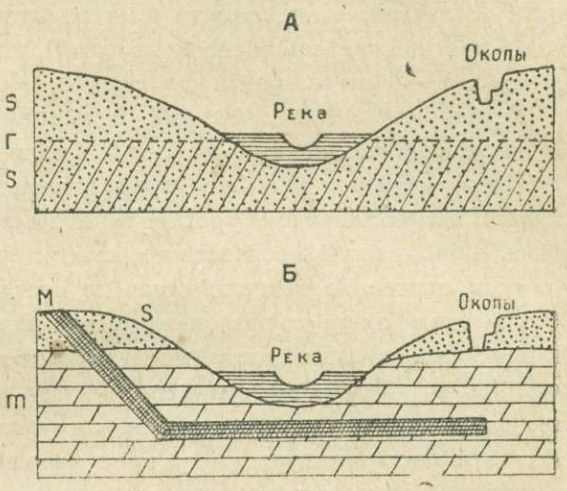
K—известняк; *S*—песчаник; *m*—глина; *M*—минная галлерея.

Пустоты в породах заглушают звук, поэтому в трещиноватых или пористых известняках и песчаниках, в трещиноватых мергелях можно вести галлереи. Сухие породы распространяют звук слабее, чем влажные или пропитанные водой. Твердые жилы являются проводниками звука на далекие расстояния подобно металлическим трубам. Но так как для обнаружения слабых звуков, производимых подземными работами, применяются особые аппараты, то скрыть эти работы даже в благоприятных породах на небольшом расстоянии от позиций противника не всегда возможно.

Естественные пещеры можно использовать для убежищ и складов если они расположены достаточно глубоко от поверхности, т. е. защищены от снарядов. Необходимо выяснить их положение, устойчивость

кровли и приток воды; кровля может быть усилена креплением; воду, капающую сверху, легко перехватить желобками, но очень сырые пещеры с обильным нижним притоком воды не годятся для указанной цели.

Склады патронов, снарядов и взрывчатых веществ вообще требуют сухого и защищенного от неприятельских снарядов помещения. Их устраивают в мертвом углу, т. е. недоступном для снарядов, у подножия крутых склонов высот с противоположной позициям противника стороны или же подземно, как указано выше; в последнем случае необходимо крепление потолка, если породы слабые, и осушение.



Фиг. 81.

s—песок; *г*—уровень грунтовых вод; *m*—мергель; *M*—минная галлерея.

Для **прокладки кабелей** и разных проводов предпочтителен легко разрабатываемый грунт, но не подверженный заболачиванию во время половодья или дождей, так как ремонт в таком грунте очень труден. Провода без изоляции нельзя прокладывать в грунте, в котором могут происходить химические процессы при доступе влаги, как напр., в ангидриде, гипсе, некоторых глинах, или в котором имеются свободные кислоты.

Борьба с ядовитыми газами. Естественные удушающие или ядовитые газы встречаются нередко при подземных работах в породах, содержащих пирит или битуминозные вещества: они заполняют поры и пустоты и выделяются из забоев, нередко с заметным шипением, скопляясь у почвы или под кровлей выработки, иногда даже заполняя последнюю за ночь настолько, что обусловливают отравление или удушье работающих. Их образование обыкновенно связано с процессами выветривания и на глубине более 10 м замечалось редко. В подобных случаях необходима нагнетательная вентиляция и забивка глиной мест выделения газов, а при работах—употребление рудничных ламп, обнаруживающих присутствие газа заблаговременно.

Искусственные ядовитые газы проникают в почву при взрывах мин, разрыве снарядов и при газовых атаках, пористые, трещиноватые и глинистые грунты поглощают эти газы подобно губке и выделяют их при падении атмосферного давления, во время дождя, при земляных работах и сотрясениях от взрывов, ударов снарядов и т. п.; случаи отравления наблюдались иногда даже через несколько недель или месяцев, а также на значительном расстоянии от места взрыва. Помогает

обмазка глиной пористых и трещиноватых пород, выделяющих эти газы.

Аэродромы должны устраиваться на ровных местах с сухой водонепроницаемой почвой. Низменные влажные места, в которых вечером скопляется туман, не годятся; нужно также избегать пространства с глинистой почвой, которая во время дождя или весной разбухает или заболачивается. Аэродром должен быть возможно сухим во всякое время года. Для лучшей различимости мест посадки с высоты с успехом применяют цветной щебень (белый, красный), насыпаемый полосами в 1 м ширины и 1—2 см толщины.

Установка **тяжелых орудий и машин** требует прочного грунта, не размокающего или скользкого во время дождя. Неудовлетворительный грунт улучшают насыпкой гравия, гальки или шлака достаточной толщины, а при высоком уровне грунтовых вод проводят дренажные канавы. В болотистой местности необходимо удалить верхний слой почвы, но в этом случае проведение канав по соседству может вызвать скольжение почвы. Толщи торфа оказываются наиболее неблагоприятной почвой, даже при насыпке достаточной мощности. В долинах необходимо принимать во внимание верхнюю границу высоких вод. Для насыпей подъездных путей к местоположению орудия или машины можно употреблять и растительную почву, но с хорошим слоем балласта. Свежие насыпи требуют целых месяцев для осадки и достаточного уплотнения; при выстрелах они всегда сдают.

Сооружения в болотах и торфяниках требуют предварительного исследования глубины залегания плотного дна, которое производится щупом или зондом. При этом различают: 1) повышения (горсты), где дно находится на глубине менее 0,5 м; 2) площади, дно которых достижимо сваями, и 3) глубокое „бездонное" болото. Растительность также дает важные указания. На основании исследований на карте отмечаются места, годные для позиций, блокгаузов, для прохода артиллерии, кавалерии и колонн. Сваи должны быть забиты по крайней мере на одну треть в плотную почву, иначе они не выдерживают ни нагрузки, ни бокового давления; при меньшей нагрузке можно ограничиться ростверком из горизонтальных бревен; пустотелые фундаменты, вес которых меньше, чем вес вытесняемой ими породы, также годятся. В районах обширных болот успех военных действий всецело зависит от уменья быстро ориентироваться в них и выбирать удобные места для передвижений и для стоянок.

Защита от танков основана на препятствиях, непреодолимых для этих машин, как естественных, так и создаваемых искусственно. Болотистая местность, очень мокрые луга или нарочно затопленные площади непроходимы для танков, так как гусеничные цепи скользят, машины останавливаются и вязнут вследствие своего веса. Подъемы с уклоном даже в 35° танки берут свободно только при условии сухой почвы; во время дождя или при искусственном орошении многие уклоны, особенно глинистые, становятся для них недоступными. Отвесные обрывы

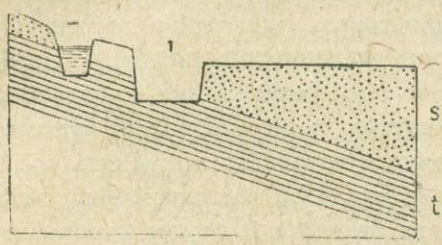
составляют препятствие, если они превышают высоту переднего носа танка. Комбинирование заболачиванья низменных мест, орошения уклонов и сооружения отвесных обрывов может сделать позицию недоступной для танков. В дождливое время года работа последних вообще очень затруднена. Склоны, сложенные из горизонтально залегающей свиты, среди которой резкими карнизами выделяются более твердые пласты, легко сделать недоступными для танков, уничтожив дороги.

Для разрушения или восстановления **железных дорог** также необходима помощь геолога, в особенности при уничтожении туннелей и скальных выемок где знание качеств горных пород позволяет целесообразно закладывать шпуры или подрывные патроны и применять соответствующее количество взрывчатых веществ. При восстановлении этих сооружений, возведении насыпей, поисках балласта и других строительных материалов участие геолога полезно в разных отношениях, как изложено уже в главе XVII.

Оценка позиций противника возможна на основании знания геологического строения занятой им местности; последнее указывает, где должны быть расположены его окопы, убежища, склады, колодцы и куда следует направить артиллерийский обстрел для достижения наибольших результатов вследствие неблагоприятных почвенных условий. Цвет почвы, выброшенной из выработок, указывает в каких пластах они проведены. Все эти данные, в связи с разведкой аэропланом и показаниями пленных, могут служить для достаточно точной оценки позиций противника. Если последний занимает благоприятную в почвенном отношении местность, то одной из задач тактических предприятий может быть вытеснение его в местность неблагоприятную. О значении знания геологического строения местности для успеха своих минных атак и для отражения таковых противника уже сказано выше. В виду значения, которое имеет цвет почвы, вынутой из подземных работ, необходимо следить, чтобы характерный материал, выносимый из минных галлерей, маскировался или, по крайней мере, рассыпался так, чтобы он не мог выдать местоположение и объем работ.

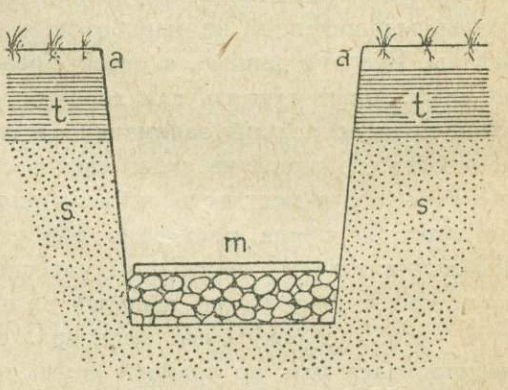
Осушение является необходимым условием успеха земляных работ и устойчивости сооружений. Каждое углубление в грунт нужно начинать с самого низкого пункта и вести его вверх по уклону, чтобы вода могла свободно стекать по готовым выработкам, иначе она будет скопляться у забоя, затруднять работу, обусловливать оползни и обвалы. Очень важно улучшение стока поверхности вод по естественным или искусственным водотокам, часто понижающее также уровень грунтовых вод. Отводимую воду нужно направлять так, чтобы она могла стекать свободно, не образуя луж и не просачиваясь обратно в почву. Следует избегать устройства открытых бассейнов стоячей воды в виде зумпфов, канав, если только они не могут быть заложены в непроницаемой почве или сделаны непроницаемыми. Нужно избегать также позиций в непосредственном соседстве заболоченных мест, затопленных убежищ и окопов, если их нельзя осушить отводом или откачкой воды. Посредством

электрических насосов можно создать даже в затопленной местности сухие позиции для отдельных выдвинутых постов. Отводимую воду вообще следует по возможности направлять в сторону противника, чтобы доставить ему хлопоты, а в иных случаях даже заставить его покинуть позиции. Заполнение воронок взрывов отводимой водой очищает их от засевших врагов и создает препятствия. Водоотводные устройства всякого рода требуют надзора и ухода во избежание порчи. Отвод поверхностных вод (дождевых и снеговых) от окопов производится канавками, расположенными параллельно окопам или вокруг них и уводящими воду в безопасные места; их не следует оставлять открытыми, а нужно заполнять камнем, битым кирпичем, связками хвороста и т. п. во избежание засорения и оползания стенок. Такие канавки особенно нужны при трудно проницаемой почве, покрытой тонким слоем проницаемой, причем они должны быть обязательно врезаны на некоторую глубину в первую, иначе собирающаяся в них вода может опять уходить и попадать в окоп (фиг. 82). При непроницаемости почвы равнин спуск стоячих вод и удаление выпадающей воды производится посредством более глубоких канав. Понижением уровня стоячих вод, напр., расчисткой стоков прудов и озер можно достигнуть осушения значительных площадей.



Фиг. 82.

s—песок; *t*—глина; *1*—окоп; *2*—водоотводная канава.



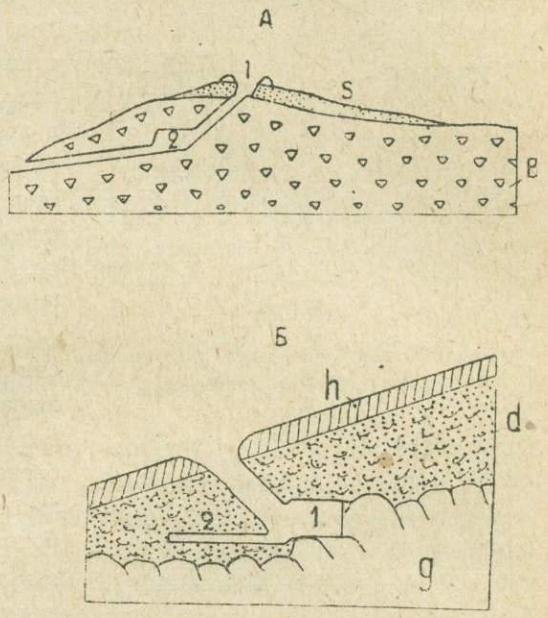
Фиг. 83.

a—растительная земля; *t*—глина; *s*—песок; *m*—настил на слое гальки.

Отвод грунтовых вод из окопов и подземных выработок производится или в сторону или вглубь. Окопы, врезанные по необходимости ниже гидростатического уровня, начнут оползать и валиться; необходимо отводить воду или вдоль по окопу, или в сторону. В первом случае дно засыпается грубым гравием, или галькой, битым кирпичем, которые и будут проводить воду по уклону; поверх этой засыпки делается досчатый помост, который должен легко разбираться для чистки стока. Такая же засыпка с помостом вообще полезна в окопах в дождливое время года, так как делает их более устойчивыми и сухими (фиг. 83). Отвод в сторону в окопах и подземных камерах возможен, если они расположены на склонах возвышенностей, и производится посредством канавы или подземной галлереи, выводящей воду на поверхность или оканчива-

ющейся в водонепроницаемой породе — галечнике, трещиноватом известняке и пр. (фиг. 84 *А*—пример спуска воды из окопа в камеру и из последней по галлерее на склон; *Б*—спуск из камеры в слой галечника с предварительной отсадкой мути в яме во избежание заиления проницаемого слоя).

Отвод воды вглубь возможен в том случае, если почва выработки водопроницаема или если на небольшой глубине под непроницаемой почвой можно достигнуть проницаемую. В окопах, врезанных в твердую, но трещиноватую породу, вода сама уходит вглубь; но во избежание затаптывания трещин ногами людей и в этом случае, как и при рыхлой водопроницаемой породе, необходима засыпка с помостом (фиг. 83), в крайнем случае один помост на поперечных лежках. В непроницаемой породе, под которой залегает проницаемая, проводят продольную канавку или делают на некоторых расстояниях друг от друга небольшие зумпфы с вставленной в их дно трубой для стока воды; как канавки, так и зумпфы должны быть засыпаны грубым водопроницаемым материалом, фильтрующим воду (фиг. 85 *А* и *Б*). Необходимо исследовать, не является ли водопроницаемый слой водоносным артезианским, т. е. содержащим воду под напором, так как в этом случае мы получим не спуск воды из окопа, а, наоборот, затопление последнего. Такое же приспособление позволяет осушать и камеры (фиг. 86), с той же предосторожностью.



Фиг. 84.

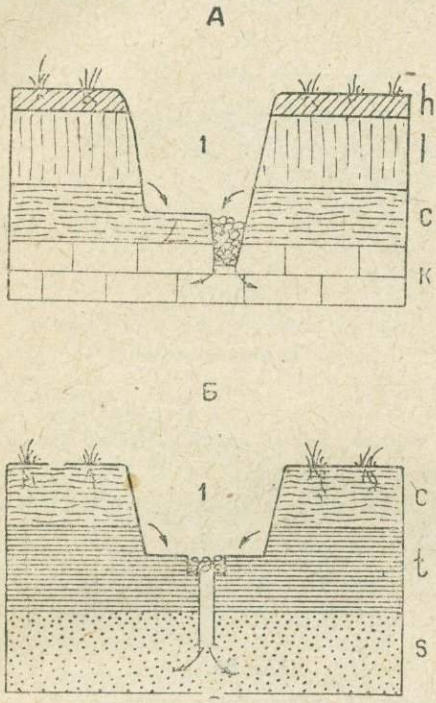
s—песок, *b*—валунная глина; *h*—растительная земля, *d* делювий; *g*—гранит; *1*, *2*—камера с водоспуском.

При проведении наклонных шахт для выемки камер нередко приходится проходить отдельные водоносные слои, которые будут причиной непрочности шахт и затопления камер, если не закрыть их глиняной забойкой и бетонным кольцом (фиг. 87).

Для осушения значительной площади, в пределах которой высокий уровень грунтовых вод препятствует земляным работам или удорожает и замедляет их выполнение, очень полезно проведение глубоких колодцев или буровых скважин с постоянным откачиванием из них воды. Вокруг каждого такого пункта уровень грунтовых вод понижается воронкообразно (фиг. 88) до 8,5 м от поверхности (предел откачивания про-

стым насосом) и легко подсчитать сколько колодцев или скважин понадобится на известную площадь.

Если глубина работ требует более значительного понижения уровня грунтовых вод, то последнее достигается заложением колодцев или буровых скважин на двух или трех горизонтах; именно, понизив группой колодцев уровень на несколько метров, проводят в промежутках несколько шахт до этого уровня и на дне их устанавливают насосы для откачки воды из более глубоких колодцев или скважин, заложенных в этих шахтах и т. д. (фиг. 88). Этим способом уровень грунтовых вод был понижен на 20 м во время постройки новых шлюзов у Гольтенау на Кильском канале, и все работы производились в сухом грунте.



Фиг. 85.

А. h—растительная земля; *l*—лёсс; *c*—суглинок; *k*—известняк; *1* окоп. *Б. c*—суглинок водопроницаемый; *t*—глина; *s*—песок; *1*—окоп.

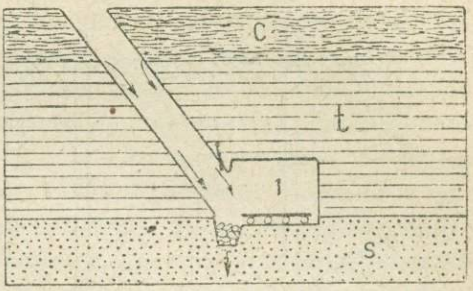
В случае невозможности отвести воду из окопов или подземных выработок в сторону или вглубь без больших затрат, приходится прибегать к откачиванию воды насосами, к которым для подземных выработок присоединяются сифоны, действующие при достаточном притоке воды самостоятельно после первой откачки насосом; если в зумпфе вода набирается медленно, то приходится время от времени восстановлять работой насоса сток по сифону (фиг. 89).

Водоснабжение также представляет важную задачу в местах скопления больших масс людей и животных, так как без воды нельзя удержать даже самые сильные позиции. Ежедневный расход воды на передовых позициях принят следующий:

в окопах	2— 4	л на человека
в убежищах смены	5—10	л „ „
в местах отдыха	20—30	л „ „
для лошадей	30—50	л на лошадь

В тыловых линиях, где расположены крупные резервы, кухни, бойни, прачечные, мастерские, обозы, потребление воды еще больше, чем на передовых позициях. В местах крупного скопления людей и животных происходит также быстрое загрязнение текучих и грунтовых вод отбросами, примитивными клозетами и т. п. Получение чистой воды необходимо для санитарного состояния армии и на него должно быть обра-

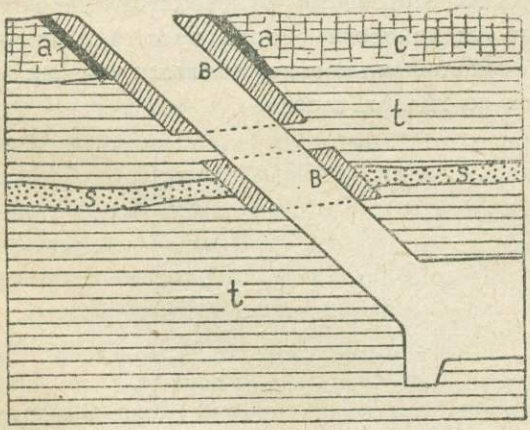
щено особенное внимание. От геолога требуется изучение всех водоносных горизонтов и указание их охраны и правильного использования. Необходимо составление **карты водоснабжения** с указанием всех источников воды, их качеств и пригодности (для людей, животных, хозяйственных нужд—бань, прачечных, боен и пр., для которых качество может быть ниже) и дебита. В зависимости от водоснабжения, происходит и распределение военных сил по участкам; в пунктах, обильно обеспеченных водой, устраиваются склады, депо, лазареты, резервы и т. п.



Фиг. 86.

c—суглинок; *t*—глина; *s*—песок; *1*—камера с помбстом и водоспуском.

Колодцы нельзя закладывать ближе 50 м от кладбища и выгребных ям; это минимальное расстояние допустимо только в том случае, если почва не состоит из грубого гравия или галечника или трещиноватых пород, которые фильтруют воду слишком быстро, так что она не успевает очищаться от загрязняющих веществ. Ближайшая окрестность колодца должна содержаться в полной чистоте; всего лучше бетонировать почву, чтобы выливаемые излишки воды не могли попадать обратно, фильтруясь через загрязненную почву. Колоды для водопоя животных следует устраивать на некотором расстоянии от колодца, чтобы испражнения не загрязняли почву; место вокруг колод нужно ежедневно очищать.



Фиг. 87.

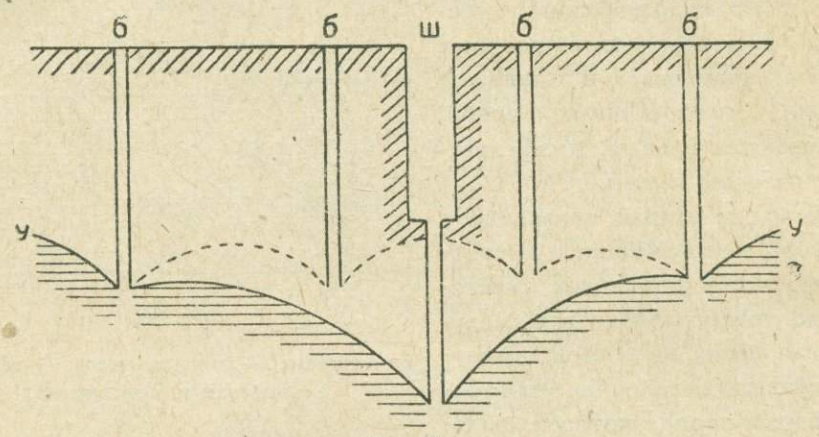
c—суглинок водопроницаемый; *t*—глина; *s*—песок; *в*—бетон; *a*—глиняная набойка.

Источники обязательно должны быть каптированы и охраняемы от загрязнения, подобно колодцам.

При глубине водоносного горизонта более 4 м целесообразнее устройство буровых скважин с установкой насосов, если вода не артезианская, вытекающая самотеком. В каждом колодце, источнике и буровой скважине вода должна быть исследована химически и бактериологически для определения ее пригодности для той или другой цели; слишком жесткая вода не годится для варки и стирки, но может служить для питья; зараженная не годится для питья, но получит применение для других надобностей, подвергаясь кипячению. Для мутной воды

необходимо устройство отсадных бассейнов, песчаных и угольных фильтров.

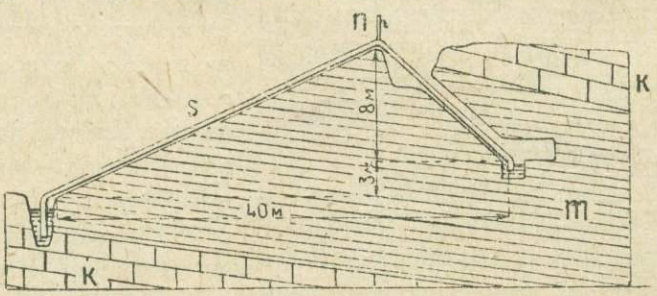
Геолог, которому будут поручены задачи осушения и водоснабжения на фронте, должен быть хорошо знаком с основами гидрогеологии, чтобы быстро и основательно производить исследования и давать свои заключения и указания. Те краткие сведения, которые могли бы быть



Фиг. 88.

у—уровень воды; *б*—буровые скважины; *ш*—шахта.

помещены в зависимости от объема настоящего руководства, являются недостаточными и потому могли бы принести скорее вред, чем пользу. Поэтому мы ограничиваемся специальными военно-полевыми указаниями, отсутствующими в руководствах по гидрогеологии.



Фиг. 89.

К—известняк; *т*—мергель; *п*—насос; *s*—водоспускная труба.

Карта водоснабжения должна быть удобопонятна не специалистам; на ней должны быть показаны условия залегания грунтовых вод и вытекающие из них возможности водоснабжения с отметкой всех естественных и искусственных мест получения воды. Пояснительная записка должна содержать простые чертежи и указания для сооружения полевого водоснабжения и пользования им. Карта и записка имеют задачей показать частям армии, где и как лучше всего удовлетворить потребность в воде и предотвратить затрату времени, сил и средств на поиски и на

работы в заведомо безнадежных местах. Высшее командование может судить по карте и нанесенным на ней цифрам о размерах водоснабжения и распределять целесообразно части войск во время боев, места лагерей, лазаретов и т. п., руководствуясь минимальным расходом в сухое время года по 2 л на человека и 30 л на коня в передовых линиях, 30 л на человека и 50 л на коня в тылу.

На передовых позициях необходимо пользоваться всеми существующими источниками водоснабжения, оградить их от обстрела, а наиболее ценные перенести в особые подземные убежища; во всяком случае все должны быть ограждены от видимости неприятелем, а при расположении в стороне от окопов соединены с последними ходами. Крупные подземные убежища, пещеры, каналы, туннели, минные галлереи и пр. должны иметь отдельное водоснабжение, причем вскрытая при их сооружении вода не должна служить для питья. Если при осушении позиций вода удаляется в тот же водоносный горизонт, из которого берется питьевая вода, необходимо точно определить направление грунтовой воды и, в зависимости от него, распределять колодцы и шахты водоспуска.

Водопроводы в районе обстрела трудно уберечь от разрушения, поэтому предпочтительно самостоятельное снабжение отдельных мест из водоисточников; к водопроводам приходится прибегать, если такое снабжение невозможно, причем безопасная от обстрела прокладка труб причиняет много затруднений и требует больших работ. Но на долговременных позициях водопроводам следует отдать предпочтение, если они доставляют более здоровую воду в достаточном количестве. Доставка воды бочками всегда не экономна и часто невозможна. Если нельзя достигнуть снабжения проточной водой, приходится устраивать запасы воды в сосудах, баках, цистернах или в виде складов минеральной воды. Запасы воды, в дополнение к другим источникам ее, приходится также устраивать на время, бедное атмосферными осадками, напр., в местностях с сухим летом. В высоких горах хорошо укрытые скопления снега могут быть сохранены до половины лета.

В разоренных селениях необходимо возможно подробное исследование существующих источников водоснабжения, чтобы выяснить как годные колодцы, водопроводы и пр., так и зараженные, которые могут обусловить порчу первых. Последние должны быть тщательно очищены, если это возможно без больших затрат, в противном случае засыпаны после дезинфекции и заменены, в случае надобности, новыми. Наличные цистерны лучше опорожнять, если исследование покажет, что вода подозрительного качества. Испорченные приспособления для извлечения воды из открытых колодцев лучше заменять насосами и делать колодцы закрытыми. Если восстановление мелких колодцев не достижимо с небольшими затратами, то предпочтительно выкапывать новые, выбирая соответствующее место, обещающее здоровую воду и удобное пользование. В глубоких колодцах необходимо определить степень загрязнения и дебит воды, чтобы решить вопрос в связи с их местоположением, стоит ли их восстанавливать или же лучше заложить по соседству одну

или несколько буровых скважин. Если зараженный колодец получает воду из трещиноватых пород, простая засыпка его не достигает цели, так как поток грунтовой воды, проходящей через колодец, этим не прерывается; необходимо засыпать галькой или щебнем слоем выше уровня воды и залить засыпку цементом, предварительно обезвредив воду хлорной известью.

В населенных пунктах существующее водоснабжение часто оказывается неудовлетворительным по качеству или недостаточным по количеству для войсковых частей, обозов, лазаретов и пр., занявших местность. Необходимо изучение всех источников водоснабжения, их дебита и качества, чтобы регулировать потребление, произвести очистку, улучшение притока существующих и своевременно приступить к поискам новых. Местности с неудовлетворительным водоснабжением из открытых водотоков и колодцев во многих случаях могут быть обеспечены артезианской водой, о которой раньше не думали или не имели средств для ее извлечения.

В озерах и прудах вода очищается самостоятельно, так как муть оседает, газы выделяются, кислоты связываются, простейшие животные и солнечные лучи уничтожают гниющие органические вещества и бактерии. Зимой скудное солнечное освещение очищает только поверхностный слой, летом же озерная вода годится для питья (после фильтрации) до глубины 40 м. Но вообще вода, предоставленная в бассейнах самоочищению, должна быть пропускаема через фильтры перед употреблением в качестве питьевой.

Затопление низменных пространств производится с целью затруднить продвижение противника, в частности сделать наступление танков невозможным. Оно достигается устройством временной плотины на реке ниже места, подлежащего затоплению. Необходимо выбирать такие местности, где один или оба берега реки представляют низкие луговые террасы, которые могут быть затоплены подпруженной водой, и где падение реки небольшое. При более значительном падении или недостаточном количестве воды, вместо затопления может быть достигнуто заболачиванье, также затрудняющее продвижение. В этом случае предпочтительна малопроницаемая почва, размокающая от воды, тогда как при непроницаемой вода легко стекает, а при хорошо проницаемой уходит вглубь. Пропитывание почвы водой может быть улучшено посредством воронок от разрыва снарядов, но необходимо предварительное исследование, так как воронками могут быть вскрыты более глубокие водопроницаемые слои, которые будут поглощать воду, т. е. препятствовать заболачиванью. В зависимости от строения и состава почвы должна быть определена глубина воронок, т. е. выбран калибр снарядов. В более узких долинах, лишенных луговых террас, затопление достигается устройством барражей, как для силовых станций. Все эти мероприятия следует выполнить до наступления зимы, чтобы сохранить увлажнение почвы и высокий уровень грунтовых вод.

Осушение затопленной или заболоченной местности производится

мероприятиями противоположного характера: разрушением плотин и барражей, возведенных неприятелем, проведением дренажных канав, прочисткой и углублением естественных стоков, а при наличии водопроницаемых слоев под поверхностными непроницаемыми или малопроницаемыми—устройством спуска воды буровыми скважинами, шурфами или воронками взрывов снарядов.

Время, в течение которого местность может быть затоплена до желаемой высоты или осушена, зависит от количества воды в реке, рельефа, водопроницаемости почвы и положения уровня грунтовых вод, так как затопление не может начаться раньше, чем все поры почвы над этим уровнем не будут наполнены водой. Поэтому для определения времени нужно предварительное исследование местности, если необходимые данные не собраны заранее.

Канализация, т. е. удаление сточных вод и отбросов, составляет важную санитарную задачу в местах большого скопления людей и животных; помойные, навозные и выгребные ямы, заложенные в ненадлежащих местах, легко загрязняют грунтовую воду и обусловливают вспышки брюшного тифа, дизентерии, холеры. В трещиноватых породах загрязнение распространяется на большое расстояние особенно после дождей и при высоком уровне грунтовых вод. Поэтому для устройства указанных ям нужно выбирать участки непроницаемой почвы, а при отсутствии таковой—бетонировать дно и стенки, если яма должна служить более продолжительное время. Скопления нечистот и навоза нужно периодически посыпать хлорной известью во избежание массового развития мух, переносящих заразные начала в кухни и жилища. Для сточных вод устраивают осадочные бассейны, где вода освобождается от взвешенных загрязняющих частиц и очищается действием воздуха и солнечного света; при спуске сточных вод в реки с большим количеством воды или быстрым течением получается сильное разжижение загрязненной воды, делающее ее безвредной. Для устройства полей орошения необходима водопроницаемая супесчаная почва при уровне грунтовой воды не менее 1,5 м ниже поверхности; при более высоком уровне нужно понизить его устройством дренажа. Для обезвреживания сточных вод и отбросов прибегают также к неорганическим или органическим химическим процессам. Необходимым условием успешной работы бактерий на полях орошения является хорошее проветривание почвы, что достигается ее периодически осушением и перекапыванием.

Кладбища должны быть устраиваемы вдали от источников водоснабжения—колодцев, буровых скважин, открытых водотоков и всегда ниже по течению грунтовой воды. Дно могил должно иметь глубину не менее 1,2 м и располагаться тем выше над уровнем грунтовых вод, чем более проницаема почва. В малопроницаемой почве достаточно расстояние в 0,5 м. Колебания уровня грунтовых вод не должны захватывать дно могил. Для могильных памятников следует употреблять местные, легко обрабатываемые, но прочные горные породы, указание которых также является одной из задач геолога.

Главнейшая литература

1) Гинзберг, А. С. О желательности привлечения геологов к обслуживанию фронта. Тр. Ком. Сырья, в. 4. Изд. Ком. В. Техн. Помощи.

2) Карта-справочник строительных материалов по Западному фронту. Изд. Ком. В. Техн. Помощи, *1916* (на правах рукописи).

3) Тове, Л. Приложение горной и геологической техники в условиях современной войны. „Вестн. О-ва Сибирск. Инж.". I, № 1, *1916*, Томск.

4) Brooks, A. The use of geology on the Western front. U. S. Geol. Surv. Prof. Par 28, D. *1920*, 85—124.

5) Gregory. Military geology and topography. London, *1918*.

6) Hambloch, A. und Mordziol. C. Ueber Trinkwasserversorgung im Felde. Berlin, 37 стр., Westermann, *1915*.

7) König, F. Ueber Kriegsgeolegie und die kartographishce Seite dieser Frage. „Kartogr. Ztschr.", IV, Oktober, Wien, *1915*.

8) Kranz, W. 1) Geologie und Hygiene im Stellungskrieg. Cbl. N. J., №№ 11 и 12, *1916*. 2) Ueber Bodenfiltration, Lage und Schutz von Wasserfassungen mit besonderer Berücksichtigung militärischer Erfordernisse. Diss. Stuttgart, *1917*. 3) Die Geologie in der Kriegslitteratur, bei Beschaffung von Rohstoffen des Bodens und Wasserversorgung für Truppen. D. Naturwiss., Techn. und Erfind. im Weltkrieg, ausg. v. Bastian Schmidt, München-Leipzig, 427 - 454, *1919*. 4) Beiträge zur Entwicklung des Kriegsgeologie. „Geol. Rundsch.", XI, H. 7—8, 329 - 350, *1920* (в последних двух статьях списки более мелких сочинений по военной геологии). 5) Die Geologie im Ingenieur-Baufach. Stuttgart, *1927* (на стр. 1—23 дает очерк развития военной геологии и ее значения, на стр. 190—250 и 395—420 много данных относительно гидрогеологии в военных условиях).

9) Krusch, P. Die Kriegsaufgaben der Geologischen Landesanstalt. Jahrb. d. Pr. Geol. L. Aust. f. 1919, II. Berlin. *1922*.

10) Salomon, W. Ueber einige im Kriege wichtige Wasserverhältnisse des Bodens und der Gesteine. München-Berlin Oldenbourg, *1916*.

11) Schwarte, M. Die Technik im Weltkriege. Berlin, *1920*.

12) Thiem, G. Die Trockenhaltung der Schützengräben. Leipzig (Selbstverlag).

13) Wilser, I. 1) Angewandte Geologie im Feldzuge (Kriegsgeologie) „Die Naturwiss.", VIII, H. 33, Berlin, *1920*. 2) Grundriss des angewandten Geologie, Berlin, 176 стр., *1921*.

14) Die Kriegschauplätze 1914 – 1918 geologisch dargestellt in 14 Heften, ausgegeben von J. Wilser, Freiburg im Br.: 1) Elsass, 2) Lothringen, 3) Zwischen Maas und Mosel, 4) Vor Verdun, 5) Argonnen und Champagne, 6) Reims, La Fère und Ardennen, 7) Artois und Hennegau, 8) Flandern. 9-10) Ostbalticum (3 Teile), 11) Galizien, 12) Geologie der zentralen Balkanhalbinsel, 13) Südostmazedonien und Kleinasien, 14) Die Isthmuswüste und Palästina.

Эти выпуски, составленные разными авторами, характеризуют геологическое строение театров военных действий, выясняя то значение, которое оно имело для успеха обороны и нападения, для возведения окопов, убежищ и пр., водоснабжения, санитарии и т. д. Разнообразные условия театров Европы и Зап. Азии представляют ряд поучительных примеров роли и значения геологии в военном деле.

ГЛАВА XIX

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Задачей геологического исследования какой либо местности, если оно не преследует узко-практическую цель изучения месторождения полезного ископаемого, является не только выяснение ее геологического состава и строения, но и история ее развития в смене времен. Конечным результатом последнего являются современные формы рельефа этой местности. Топограф измеряет эти формы и изображает их на карте; его не занимает вопрос как и почему они возникли; геолог должен истолковать их генезис, и в этой области исследований он соприкасается с географом, так как занимается геоморфологией, изучением форм земной поверхности с генетической точки зрения.

Эти формы находятся в тесной зависимости от их геологического состава, от строения, т. е., дислокаций, испытанных данной местностью, и от деятельности внешних геологических агентов. Чтобы оценить должным образом влияние этих агентов на развитие и изменение форм поверхности, нужно иметь некоторое знакомство с климатологией и с почвоведением, с первой потому, что сочетание внешних агентов в различных странах зависит от климата и очень различно—в пустынях оно совершенно иное, чем в местности, богатой дождем, под тропиками иное, чем в умеренном поясе. Знакомство с почвоведением полезно потому, что почва есть поверхностный продукт деятельности внешних агентов, и по характеру ее легче всего можно судить о сочетании таковых в данной местности, т. е. о климате, а изучение почвенного разреза от поверхности до коренной породы может обнаружить изменение этого климата в четвертичную эпоху, что очень важно для правильного истолкования современных форм и истории их развития в новейшее время.

Геоморфология—очень молодая отрасль науки—лежит на границе геологии и географии. До недавнего времени геологи мало занимались геоморфологией и считали свою задачу исчерпанной, когда давали геологическое описание исследованной местности. До половины XIX века в геологических отчетах очень редко можно было встретить не только истолкование форм рельефа, но даже простое описание этих форм, т. е. орографическую главу. Во второй половине этого века глава орографии в отчетах встречается уже чаще, а к концу века становится обязательной частью геологических описаний; отдельные труды посвящаются также объяснению форм рельефа, главным образом речных долин. Но только в XX веке количество геоморфологических работ заметно увеличивается, в особенности в Германии, менее в Америке, а в геологических отчетах появляются и геоморфологические главы, в русской литературе, впрочем, в виде исключения.

Большой толчек развитию геоморфологических исследований дали работы американского географа Дэвиса, теория географических циклов которого появилась в самом конце XIX века и вскоре получила большое

распространение и приобрела много сторонников, в особенности в Америке и в Германии. Она сводится к следующему: если представить себе какую нибудь равнину, поднятую из под уровня воды в виде наклонной поверхности или сложенную пликативной дислокацией в складки или разбитую дизъюнктивной дислокацией на горсты и грабены, и затем подвергнутую эрозии, то в течение известного весьма продолжительного времени она должна претерпеть существенные изменения. Формы поверхности первоначально становятся более резкими, благодаря углублению долин и вообще сильному расчленению, а затем постепенно сглаживаются, смягчаются и, наконец, почти исчезают, местность возвращается к типу равнины, но не совершенной, а так называемой почти-равнины (пенеплэн), и географический цикл или цикл эрозии закончен. Но новое поднятие местности или понижение базиса эрозии может восстановить работу внешних агентов на почти-равнине, начинается новый цикл, приводящий к тому же конечному результату. В каждом цикле различимы три стадии—юности, зрелости и старости—конечно, переходящие друг в друга постепенно. В эту первоначальную схему, где главное значение придавалось возрасту, Дэвис позже ввел еще два фактора—структуру и процесс, разумея под первой влияние твердости пород на размыв, а под вторым характер эрозии и выделяя циклы флювиальный, ледниковый и пустынный, а также особые формы морского и карстового процессов.

Теория Дэвиса сильно оживила морфологические исследования и привела к ряду правильных заключений, но встретила также ряд серьезных возражений. Ей ставится в упрек, что она слишком схематична, основана на дедуктивном методе исследования и сводится к геометрическим конструкциям, почему может приводить к неверным выводам. Влияние геологического состава и строения на развитие и изменение рельефа учитывается ею недостаточно, как равно и влияние климата, тогда как значение возраста преувеличено. Главный противник Дэвиса, известный германский географ Геттнер, говорит даже, что эта теория не является прогрессом в науке, а только эпизодом, что в целом она неверна и исследования, построенные на ее основе, привели в значительной степени к ложным заключениям. К более надежным результатам приводит метод индуктивный, внимательное изучение форм рельефа данной местности, не только крупных, но и мелких, исследование процессов денудации и эрозии и их результатов при той или иной комбинации геологического состава и строения и климатических условий и выяснение признаков этих процессов, действовавших ранее в данной местности, в виде остатков прежних форм рельефа и тех или иных отложений. Метод этот—несомненно более трудный, чем дедуктивный метод Дэвиса, но приводящий к более надежным результатам. Он не выработан еще окончательно и во всех деталях; но от дедукции, как справедливо заметил В. Пенк, при геоморфологических работах ни в коем случае нельзя отказаться; только она должна иметь полное и правильное обоснование из индуктивных наблюдений и должна быть применена в надлежащей части хода исследования.

В дальнейшем изложении мы руководствуемся новыми трудами Геттнера, Пассарге и В. Пенка (см. список I, №№ 8, 12, 14); геологу, желающему специально заняться геоморфологией, можно рекомендовать изучение этих трудов, затем Дэвиса (№ 6), недостатки которого станут ему тогда очевидными, по отдельным вопросам—статьи списка II и, наконец, примеры геоморфологических описаний списка III.

Пассарге различает аналитическую, систематическую и географическую морфологию; первую он подразделяет еще на геологическую и физиологическую; основываясь на геологическом строении и экзогеновых (физиологических) процессах, она старается выяснить сущность и происхождение форм поверхности. Систематическая морфология имеет задачей привести в генетическую систему формы поверхности, изученные в их сущности и происхождении, т. е. создает понятия морфологических форм и их классификацию. Географическая морфология исследует географическое распределение отдельных форм рельефа и старается объяснить их существование на основании совокупного влияния различных агентов; она пользуется результатами аналитической и систематической морфологии.

В. Пенк в введении к „Морфологическому анализу“ рассматривает несколько основных положений, которые нужно принимать во внимание при исследованиях: формы поверхности зависят от соотношения интенсивности эндогенового и экзогенового перемещения масс, т. е. быстроты работы внутренних и внешних сил; если первые действуют быстрее—создаются выпуклости рельефа, при обратном соотношении они понижаются и сглаживаются. Влияние внешних процессов всегда и везде подчинено влиянию внутренних. Поэтому прежде всего при исследовании возникновения и развития форм денудации нужно определить соотношение интенсивности тех и других процессов, т. е. поднятия и сноса, и проследить, как оно изменяется с течением времени, принимая во внимание, что эти процессы могут действовать и одновременно, а не исключительно последовательно, как принимал Дэвис в целях упрощения своей схемы. Кроме того, как те, так и другие силы действуют в течении известного промежутка времени с различной интенсивностью; движения земной коры происходят с различной скоростью, как равно и процессы денудации в зависимости от целого ряда причин—уклона, твердости пород, климата. Поэтому необходим метод дифференциального исследования, ибо формы рельефа представляют не единообразный ряд изменений, как принимает теория Дэвиса, а бесконечно разнообразный, который можно выяснить, прослеживая шаг за шагом изменчивость соотношения сил и процессов с одной, материала—с другой стороны.

В. Пенк подробно изучил процессы денудации, сноса; он строго отделяет собственно **выветриванье** горных пород, представляющее структурные и молекулярные изменения вещества на месте, от движения масс, представляющих **гравитационные потоки** временные или постоянные, происходящие при содействии какой либо среды—воздуха, воды, льда. Выветриванье создает только материал для этих потоков. В про-

цессе денудации главную роль играет движение масс, созданных выветриванием, обусловленное увеличением веса вследствие поглощения воды, изменениями объема вследствие колебаний температуры, ослаблением трения вследствие смачивания (и, добавим, давлением солнечных лучей); большое значение для подвижности имеет коллоидальное состояние части материала. Это движение происходит с той или иной скоростью, в зависимости от уклона, смачивания, колебаний температуры, состава и т. д., то ускоряется, то замедляется, но не останавливается. Движение делювия обусловливает не только денудацию целых поверхностей, как обыкновенно полагают, но и линейное вытачивание; на склонах выше уровня грунтовых вод вдоль линий, благоприятствующих накоплению делювия, последний при своем движении постепенно вытачивает небольшие плоские долины без русла, так называемые мульдовые. Пенк называет этот процесс корразией, а эти долины корразионными. Эта мелкая форма рельефа весьма распространена и обыкновенно оставалась без объяснения.

Большое значение для уяснения процесса денудации имеет установленное Пенком понятие **денудационного базиса**, функционально сравнимого с базисом эрозии текучей воды. Движение делювия, т. е. плоскостный снос, находится в прямой зависимости от этого базиса, который представляет не уровень, как базис эрозии, а кривую, соединяющую все точки, где останавливается движение масс; обыкновенно эта кривая совпадает с кривой уклона потоков, но может располагаться и независимо от последней: уступы на склонах долин, переломы склонов подножия высот любого уровня являются базисами денудации.

Геоморфологическая глава в общем отчете о районе, исследованном геологом, или отдельный геоморфологический очерк какой либо отдельной местности или целой страны, представляя истолкование современных форм рельефа с генетической точки зрения, должны быть основаны на всем собранном и обработанном материале геологических наблюдений. Эту конечную задачу следует иметь в виду уже при самом производстве наблюдений, чтобы не упустить многие факты, которые на первый взгляд кажутся несущественными для выяснения собственно геологического строения местности, но имеют большое значение для истории происхождения и развития форм рельефа. Так, при исследованиях обыкновенно обращают слишком мало внимания на состав и строение четвертичных отложений, на процессы выветривания и их продукты, на мощность и движения делювия, на мелкие формы и детали рельефа, менее бросающиеся в глаза, как, напр., уступы на склонах долин, наличие и форма безводных мелких долин (логов), степень округленности вершин и гребней, крутизны склонов, распределение обнажений коренных пород, их осыпей и россыпей. Мало интересуют иных геологов климат данной местности, время и характер выпадения осадков, колебания температуры, а также характер и распределение растительности. Между тем все это, в той или другой степени, помогло бы ему сделать правильные геоморфологические выводы. Комбинируя наблюдения над обнажениями корен-

ных пород и наносов с наблюдениями между обнажениями, геолог все время собирает материал геоморфологический и должен иметь это в виду, так как из целого ряда отдельных зарегистрированных им фактов постепенно сложится в его представлении характеристика геоморфологии местности.

Геоморфологическое исследование распадается, следовательно, как и геологическое, на две части: 1) сбор отдельных фактов и 2) использование их для геоморфологической характеристики изученной местности.

При сборе фактического материала нужно руководствоваться тем, что изложено в главах XI—XV, а также отчасти в главах IV и VI—IX этой книги (относительно различных горных пород, явлений дислокаций и определения геологических границ). Комбинируя сказанное, можно наметить в общих чертах следующую программу в качестве руководящей, причем знание состава и строения изучаемой местности является необходимой основой для заключений.

1) Процессы выветриванья: степень обнаженности коренных пород (экспозиция); механическое выветриванье (инсоляция, действие мороза, степень нагревания пород в зависимости от их состава, крутизны склона и его положения); химическое выветриванье; растворение; сравнительная устойчивость разных пород; распределение и мощность элювия и делювия; тип почв.

2) Денудация: признаки смещения делювия; зависимость его от состава коренных пород, уклона, характера растительности и уровня грунтовых вод; скольжение, смывание, осыпи, обвалы, россыпи глыб и их распределение; распределение путей денудации и местных базисов ее.

3) Склоны: угол уклона; прямой, вогнутый и выпуклый профиль в связи с тем или иным составом коренных пород, условиями их залегания, характером и мощностью делювия, положением базисов денудации и местных базисов эрозии; сочетания форм; переломы и ступени, их распределение и зависимость от состава; формы скал.

4) Гребни и вершины: направление, форма (узкая, широкая, острая, округленная), обнаженность, распределение скал, россыпей на гребнях; форма вершин (купол, конус, пик, горб, ступенчатая, столовая, седловидная), распределение их; форма и положение седловин; относительная высота вершин над гребнями и седловинами; формы скал. Положение главных и второстепенных водоразделов.

5) Подножие: форма перехода склона в подножие (плавная кривая или входящий угол); плоскости и уступы; ширина.

6) Долины: распределение (продольные, поперечные, диагональные, главные и боковые, долины склонов и подножия); густота (большая, средняя, малая); нормальные формы (рытвины, овраги, ущелья, каньоны, лога, балки, мульдовые долины); особые формы (троги, висячие, цирковые, меандровые, долины прорыва и грабены); мелкие формы (продольные и поперечные террасы, теснины, ригели, междудолинные гребни, увалы, плоскости).

7) Равнины: низменные, нагорные, совершенно ровные, волнистые, наклонные.

8) Источники: условия выхода (из скалы, осыпи, морены аллювия, делювия), место выхода (на вершине, склоне, в долине), температура (низкая, теплая, горячая), дебит (постоянный, периодический, ритмический, фонтан), минерализация (известковый, железный, кремнистый, сернистый, соляной, углекислый).

9) Болота: положение (на гребне, седловине, склоне, в долине, на берегу водоема, в низменности); поверхность (ровная, кочковатая, бугристая, вогнутая, выпуклая); проходимость (топкое, вязкое, колеблющееся); растительность (моховая, травяная, камышевая, кустарная, древесная и пр.).

10) Озера: размеры (лужа, пруд, озеро); положение (береговое, речное, горное, долинное, водораздельное—на гребне, седловине); форма (круглая, овальная, продолговатая, неправильная); сток (бессточное, сточное, с притоком и стоком, озера речных разливов); минерализация (пресное, солоноватое, соленое); цвет и прозрачность (чистое, мутное, илистое, голубое, зеленое, желтое, черное); тип (плотинное, котловинное) и класс (провальное, моренное, ледниковое, вулканическое и т. д.).

11) Реки: число и размеры; форма (прямая, извилистая, изогнутая, меандровая); берега (высокие, низкие, крутые, плоские, перемежающиеся по извилинам, затопляемые); падение (водопады, пороги, перекаты, водовороты, котлы, подводные камни, отмели); осадки (ил, песок, гравий, галька, валуны); водоносность (постоянная, периодическая, половодье, мелководье, источники в берегах), минерализация (пресная, соленая).

12) Берега (озер и морей): горизонтальная линия (прямая, плоскодугообразная, с бухтами плоскими, круглыми, воронкообразными, фиордами, шхерами, островами, лагунами, лиманами); вертикальный профиль (крутой, отвесный, ступенчатый, плоский, крутой с широким побережьем, чередование плоского и крутого); особые явления у крутых берегов (прибойный желоб и терраса, ниши, ворота, террасы), у плоских (лагуны, береговые валы, дюны, бары, эстуарии, дельты); гавани (рейд, бухтовая, речная, приливная, лагунная).

13) Острова: форма (круглая, овальная, удлиненная, линейная, неправильная); высота (затопляемый, низменный, возвышенный); состав (илистый, песчаный, галечный, скалистый, коралловый); берега (см. выше).

14) Снег и лед: снеговой покров (мощность, продолжительность, формы таяния, лавины зимние и весенние); речной и озерный лед (донный, поверхностный, толщина, продолжительность, вскрытие с низовий или верховий). Ледники (фирновые пятна, поля, мульды, ледники висячие, переметные, долинные, каровые, плато, подножия, материковые). Особенности ледников (трещины, ледопады, сераки, столы, мельницы, ворота, полосчатость), морены (береговые, боковые, срединные, конечные, внутренние, донные); признаки прежнего оледенения (бараньи лбы, курчавые скалы, шрамы и полировка, котлы, террасы выпахивания, кары, трого-

образная форма долин, эрратические валуны, морены, зандровые поля, озы, моренный ландшафт).

15) Общий характер рельефа местности: является ли он одно- или разнообразным с сочетанием гор, холмов, равнин. Возвышенности: а) *по высоте:* высокогорные (более 1.000 м относительной высоты), средней высоты (500—1.000 м), мелкогорье (200—500 м), холмистые (50—200 м), мелкосопочник (10—50 м), увалистые, волнистые; б) *по группировке:* отдельные горы или цепи; нагорья; столовые; группы гор; цепи гор, увалов, холмов, уступы. Впадины: долины, котловины, равнины, их густота, группировка и размеры.

На основании собранного по этой программе фактического материала и данных о геологическом составе и строении исследованной местности можно уже приступить к составлению геоморфологического очерка ее, который может состоять из следующих частей: 1) характеристика форм современного рельефа—возвышенностей и низменностей; 2) характеристика речной сети и стоячих вод; 3) история развития современного рельефа; 4) характеристика деятельности современных геологических агентов.

Части 1 и 2 нередко выделяются в виде самостоятельных орографического и гидрографического очерков, предшествующих геологическому описанию местности, так как они должны ознакомить читателя с общим характером страны. Поэтому собственно геоморфологический очерк, непременно следующий за геологическим, составляющим его необходимую основу, может ограничиться частями 3 и 4. Но так как оро- и гидрографический очерки содержат только чисто внешнее описание, то в геоморфологическом в этом случае придется давать их генетическое объяснение, т. е. до некоторой степени повторять сказанное, рассматривая историю развития форм рельефа и гидрографической сети.

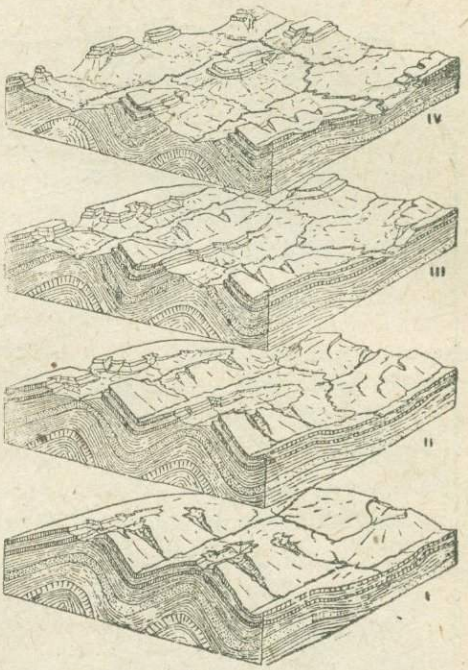
Геологические и тектонические наблюдения показывают нам, к какому орогенетическому типу принадлежат возвышенности данной местности, именно являются ли они **покровными, складчатыми, сбросово-складчатыми, глыбовыми** или **складчато-глыбовыми** (см. гл. VIII) или же они являются насажденными (вулканическими, эоловыми); три типа дизъюнктивных возвышенностей могут представлять **однобокие массивы, флексурные горы** и **горсты** простые и сложные, продольные, поперечные и диагональные. Задачей геоморфологии является выяснение, как преобразовывались все эти типы с течением времени, как получили они свои современные формы. Процессы денудации и эрозии работали более или менее долго над ними, но они могли прерываться или сопровождаться новыми движениями земной коры, что вносило усложнения в нормальный „цикл эрозии". В виду того, что развитие этого нормального, в смысле схемы Дэвиса, цикла эрозии, именно преобразование наклонной ровной поверхности, поднявшейся из-под уровня воды, в горную страну со стадиями юности, зрелости и старости и, наконец, в почти-равнину требует весьма продолжительного времени, более вероятно, что в большинстве случаев за это время происходили или поднятия,

или опускания данной местности, или и те и другие, т. е. цикл так или иначе нарушался и, может быть, не один раз. Кроме того, различные формы рельефа, которые школа Дэвиса считает характерными и устанавливает по ним ту или иную стадию развития цикла, могут быть объяснены иначе, чем их объясняет эта школа, т. е. они теряют свое руководящее значение. Наконец, термины юность, зрелость и старость применительно к формам рельефа не следует употреблять, связывая с ними обязательно представление о времени, как делает школа Дэвиса, а подразумевать только известный характер этих форм. Юными называют формы очень резкие, крутобокие, но менее углубленные и разветвленные, обусловленные начальной стадией эрозии; зрелые формы при меньшей резкости отличаются большей врезанностью вглубь и большим развитием в стороны, т. е. большим расчленением местности; старые формы характеризуются мягкостью, сглаженностью всех очертаний и малой углубленностью благодаря понижению промежутков между впадинами и уничтожению всех мелких деталей. Но в твердых породах очень старая река может пролегать в глубоком, но узком и крутобоком ущелье с мало расчлененными склонами, а в рыхлых породах овраг, развившийся в течение 10—20 лет, может иметь мягкие склоны и сильное разветвление. Быстрота и характер развития денудации и эрозии существенно зависят также от климата местности, и при том же составе пород и том же абсолютном возрасте в одной местности могут быть формы юные, в другой — зрелые, в третьей — уже старые; различный состав пород или различные условия их залегания обусловят еще больше разнообразия и даже сочетания старых, зрелых и юных форм в той же местности. Тем не менее эти термины полезны, как характеризующие в одном слове целый комплекс форм; но, повторяем, с ними не следует связывать обязательно понятие о времени и нужно делать соответствующую оговорку.

После этих замечаний мы можем рассмотреть особенности развития характерных форм рельефа.

Формы земной поверхности по их генезису делят на две большие группы—на **тектонические** или **структурные**, созданные движениями земной коры, и на **эрозионные** или **скульптурные**, обусловленные деятельностью внешних геологических агентов; промежуточное положение занимают **насажденные** формы, созданные нарастанием каких либо отложений—вулканических или осадочных. С точки зрения созидательных и разрушительных процессов различают еще формы **деструктивные** и **конструктивные**; последние обыкновенно залегают на более низком уровне, так как их материал снесен с более высоких мест (за исключением вулканических форм). Исключение из этого правила заставляет предполагать какие либо крупные изменения; напр., нахождение речных осадков на поверхности плоскогорья может быть обусловлено юным поднятием последнего или глубоким врезанием реки, протекавшей некогда на уровне плоскогорья. Покровы базальта, слагающие остроконечные вершины Тункинских Альп, свидетельствуют о крупных

изменениях рельефа, так как они изливались на поверхность более низкого уровня, позже поднятую и подвергшуюся глубокому размыву, расчленившему и покровы. О крупных изменениях говорит также так называемый обратный рельеф с синклинальными хребтами или вообще высотами и антиклинальными долинами или впадинами (фиг. 90), так как он может быть выработан только глубокой денудацией и эрозией.

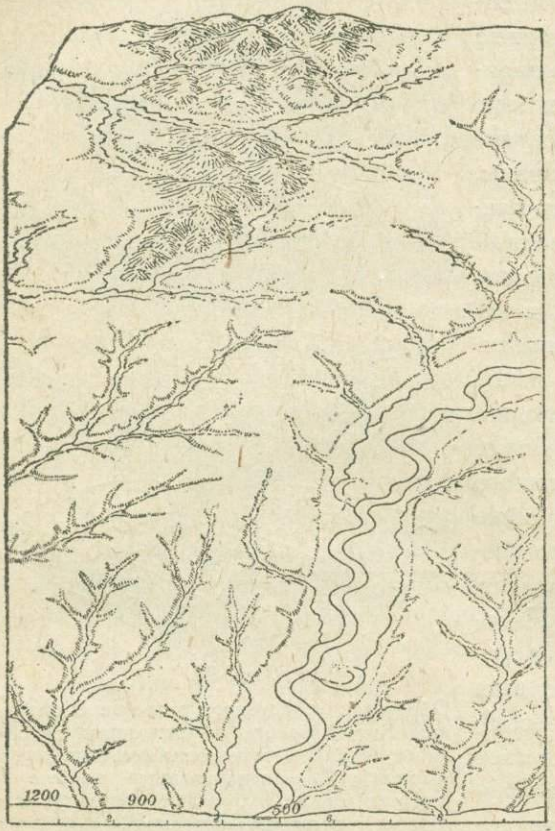


Фиг. 90.

Образование обратного рельефа: I—антиклинальные хребты и синклинальные долины; II и III—постепенный размыв антиклиналей; IV—синклинальные хребты и антиклинальные долины, как результат размыва (из Мартонна).

Равнины по абсолютной высоте могут быть низменные и нагорные (плоскогорья), по положению — периферические и внутриматериковые, по генезису—первичные и насаженные. Первичными называют равнины, сложенные из горизонтальных пластов осадочных пород. Насаженные можно разделить на вулканические, сложенные из покровов лавы, и наносные, состоящие из четвертичных рыхлых отложений; под этими покровами или наносами, обусловившими равнинную поверхность, может скрываться основание различного состава, строения и рельефа, обнаруживающееся в более глубоко врезанных долинах или даже оврагах, что и должно быть отмечено. Наносы могут быть морские (у периферических равнин), озерные, речные, ледниковые и эоловые (лёсс, песок). Изучая равнину, мы должны указать ее состав и генезис, выяснить глубину и степень ее расчленности долинами, оврагами, впадинами. Возвышенные равнины могут представлять плоскогорья или же располагаться между горами; в первом случае они обыкновенно являются первичными или вулканическими, во втором—могут быть и наносными (озерными, речными, ледниковыми, эоловыми). Плоскогорья могут быть обусловлены дизъюнктивными дислокациями, т. е. сбросами (напр., плато Бек-пакдала на юге Киргизской степи), но также размывом или развеванием (напр., многие плато в Центральной Азии). Если в наносной равнине мы видим отложения разного генезиса, напр., ледниковые и морские, ледниковые и эоловые и т. п. в разных комбинациях, то изучение их взаимоотношений должно выяснить историю развития равнины в четвертичный период; мы можем встретить доледниковые долины, не соответствующие современным, погребенные торфяники и почвы, озерные отложения, перекрытые ледниковыми или речными, ледниковые, перекрытые морскими и т. п.

Почти-равнины (peneplain, Rumpfläche, Fastebene), которые Дэвис считает окончательным продуктом закончившегося цикла эрозии (фиг. 91), отличаются от равнин присутствием плоских высот—холмиков, увалов, расположенных группами или грядами и соответствующих прежним водоразделам или выходам более твердых пород. Но, как указал Геттнер (см. список II, № 22, 2), почти-равнина может быть создана различным образом, именно: а) морской абразией при постепенном погружении прибрежной местности; б) материковым сносом, т. е. выработкой поверхностей равновесия по отношению к кривым равновесия рек, в конечном счете к уровню моря; в) течением почвы в полярных странах, что является частным случаем *б*; г) работой ветра в пустынях и степях и д) карстовыми процессами.



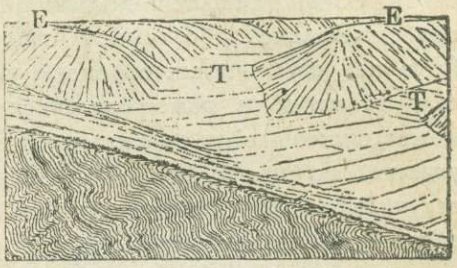
Фиг. 91.

Почти-равнина с группой остаточных гор более твердых пород (по Дэвису).

Почти-равнины *а*, *б* и *в* расположены вблизи уровня моря (если не подверглись позднейшему поднятию), тогда как *г* и *д* могут быть созданы на любой абсолютной высоте. Их общим свойством является то, что их поверхность пересекает пласты и массивы горных пород под любым углом, но имеющиеся возвышения в большей или меньшей степени совпадают с выходами пород, наиболее сопротивляющихся денудации.

Почти-равнины могут быть подняты на более или менее значительную высоту и в этом случае, если только они не залегают в замкнутых впадинах материков, подвергаются снова процессам денудации и эрозии, которые могут продвинуться настолько, что от ровной поверхности только кое где сохраняются остатки, позволяющие восстановить предшествующую форму рельефа (фиг. 92 и 93). Встречаясь с почти-равниной или ее остатками, нужно определить ее размеры, положение, геологический состав и постараться выяснить каким из вышеуказанных процессов она обязана своим происхождением. На почти-равнинах, расположенных невысоко над уровнем моря, могут еще сохраниться остатки трансгрессирующих морских осадков, состав которых укажет на процесс

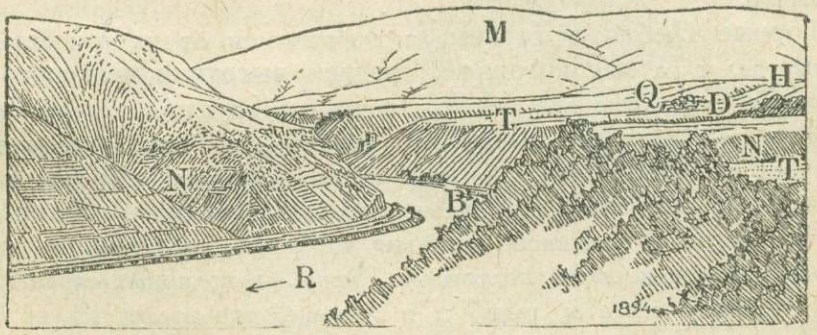
абразии, напр., почти-равнина восточного подножия Урала содержит остатки палеогеновых отложений. В Центральной Азии не мало почти-равнин, явно созданных развеванием. Карстовые почти-равнины легко узнаются по своему составу. Но в случае поднятых и отчасти расчлененных почти-равнин признаки, позволяющие установить их генезис, часто уже уничтожены, и вопрос может быть решен с известным основанием только при выяснении истории развития всей окружающей местности. Таковы почти-равнины горных систем Алтая, Саяна, Тяньшаня, поднятые более или менее высоко и в той или другой степени уже расчлененные; их генезис выяснен еще недостаточно.



Фиг. 92.

Расчлененная равнина Бретани *T*—зрелые долины умеренной глубины; *E*—остатки почти-равнины (по Дэвису).

Равнины подножия (Piedmont, Fussfläche), наблюдаемые у древних горных цепей, созданных эрозией из почти-равнин, представляют или ступени сложного горста, оставшиеся на более низком уровне или же более юные поднятия. Со стороны гор они ограничены обычно сомкнутым и резким обрывом, а в противоположную сторону продолжаются



Фиг. 93.

Долина Рейна у г. Бахарах. *T*—ровное дно зрелой долины, *R*—крутосклонная долина Рейна, врезанная в *T*; *M*—твердые кварциты (остаточные горы, еще не сглаженные перед последним поднятием); *Q*—мягкие склоны и днища долин 2-го цикла эрозии; *H*—холмы почти-равнины; *N*—обнажения палеозоя на крутых склонах долин 3-го цикла эрозии; *B*—Бахарах (по Дэвису).

на пологолежащие более юные формации или исчезают под последними; они расчленены слабо или совсем не расчленены, представляя плоскости. Подобная равнина типично развита у восточного подножия Аллеган в Сев. Америке и сложена из складчатого палеозоя, исчезающего под более юными осадками на берегу Атлантического океана. Подобная же равнина окаймляет восточное подножие Урала и сложена из слоисто-кристаллических и массивных пород, перекрытых остатками третичных

осадков и, местами, в древних мульдах, складчатой континентальной угленосной юрой; далее на восток эта равнина уходит под морской палеоген. У северного подножия Алтая также залегает равнина, представляющая пенеплен более низкого уровня. Выглаженность подобных равнин является результатом денудации (Алтай) или морской абразии (Урал).

Остатки поднятых и расчлененных почти-равнин бросаются в глаза своей ровной или плоско-холмистой поверхностью, находящейся на той же приблизительно абсолютной высоте или располагающейся уступами (в случае ступенчатых сбросов); уклон поверхности может быть изменен при поднятии и даже сделаться обратным. Позднейшее расчленение может ограничиться окраинами почти-равнины, представляя лога, долины, ущелья, но может распространиться и на всю поверхность. В случае отсутствия даже остатков ровной поверхности, о существовании почти-равнины на месте современных гор судят по одинаковой высоте последних, по резкому несоответствию строения гор их форме, по распределению речных долин, пересекающих складки и линии сбросов, по извилистости рек (меандрам), по остаткам речных наносов на вершинах, предполагая, что все эти признаки могли развиваться только при постепенной эрозии почти ровной поверхности. Но каждый из них порознь не является достаточно надежным, так как может быть создан и при иных условиях (см. Геттнер, список I, № 8) и только совокупность этих признаков может считаться более или менее обеспечивающей правильный вывод.

Горные хребты и страны, в зависимости от их относительной высоты, делят на **высокогорные, средней высоты** и **мелкогорье** или холмы, но по формам все эти три основные группы могут быть различны; в высокогорных различают формы альпийские, подразумевая под ними острые гребни, конусообразные вершины или пики, узкие седловины, крутые скалистые склоны, глубоко врезанные долины и присутствие снегов и ледников; но такие же формы могут иметь и горы средней высоты и даже мелкогорье, напр., в полярных странах, где также найдутся снега и льды, и в пустыне, где последних не будет. Поэтому лучше вообще различать в горах формы **резкие, массивные** и **плоские**, с подразделением на **расчленение** глубокое и мелкое; присутствие снегов и льдов будет дополнительным признаком, зависящим от климата и абсолютной высоты и не всегда связанным с резкостью форм, как, напр., при скандинавском типе оледенения. Так, местность, состоящая из увалов, будет иметь формы плоские с расчленением глубоким или мелким, в зависимости от глубины долин, сильным, средним или малым—в зависимости от их числа. Мелкосопочник иногда имеет формы резкие, чаще массивные, но расчленение мелкое и сильное. Кавказ мы назовем горами с резкими формами, глубоким и сильным расчленением, Алтай—таковыми с формами частью резкими, частью массивными, с расчленением глубоким и сильным, на окраинах мелким и средним. В горах с вообще массивными формами отдельная цепь или группа может иметь формы резкие, напр., Мунку-Сардык в Восточном Саяне.

Дэвис считает резкие формы признаком юности и, при сильной расчлененности, также зрелости, а плоские—свойственными старости. Но это далеко не всегда так; в климате пустыни очень древние горы имеют резкие формы при небольшой относительной высоте; в очень мягких породах формы очень быстро становятся плоскими; в влажном тропическом климате быстро сглаживаются и формы в твердых породах. Поэтому характерные формы исследуемой местности нужно объяснить, принимая во внимание не только их возраст, но и климат и состав.

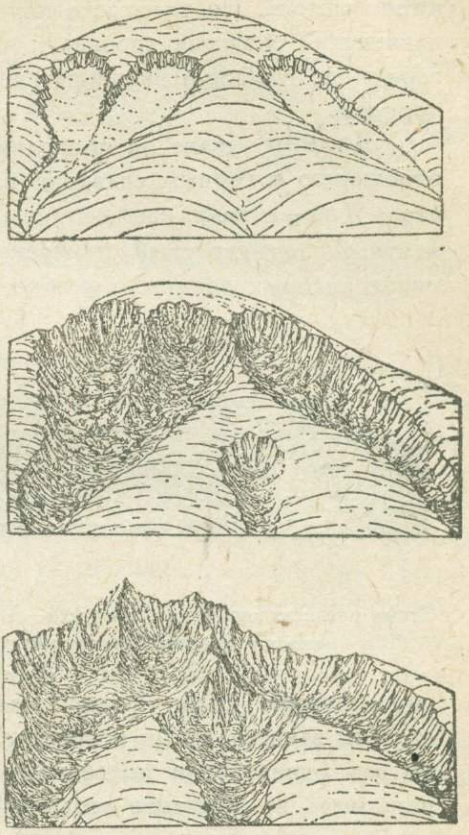


Рис. 94а.

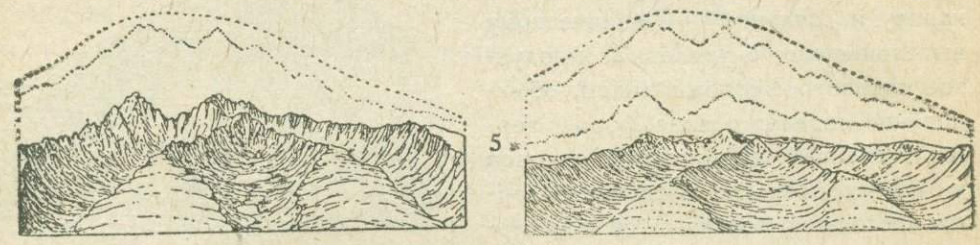
Схема развития каров (по Дэвису): 1—маленькие юные кары на округленной вершине; 2—почти зрелые кары; 3—зрелые кары.

Оледенение благодаря развитию каров и сильному механическому выветриванию, с удалением продуктов такового фирном и льдом, обыкновенно создает резкие формы вершин, гребней и крутизну склонов в области, покрытой снегом; эти формы постепенно развиваются и на первоначально округленных вершинах и гребнях, заостряя их. Но при долговременном оледенении кары расширяются и врезаются вглубь и назад, и в результате крутобокий отрог между двумя соседними карами того же склона, острый гребень между двумя карами разных склонов должны быть уничтожены и получается сглаживание форм (фиг. 94 *а* и *б*). Признаки этого процесса обнаружены в разных горах Западной Европы (см. список II, № 32) в виде остатков днищ старых кар и их стенок на сглаженных гребнях. Но при продолжающемся оледенении кары опять будут развиваться и въедаться, постепенно восстановляя резкость форм (фиг. 94 *а*). Это нужно принимать во внимание при выяснении истории развития форм данной местности.

Глубина расчленения зависит прежде всего от высоты поднятия данной местности, т. е. от разницы высот между высшими точками ее и соседним базисом эрозии, но также и от расстояния этих точек от базиса; плоское широкое вздутие будет расчленено в течение того же времени менее глубоко, чем узкая цепь той же высоты. Это объясняется тем, что долины рек врезаются быстрее, вырабатывая нормальный профиль, тогда как денудация гребней и вершин происходит медленнее. Выдающиеся вершины далеко не всегда соответствуют выходам твердых

пород; гораздо чаще они обусловлены своим наиболее отдаленным от долин положением, при котором разрушительные силы работают слабее; седловины, наоборот, всегда расположены между верховьями долин, т. е. подвергаются с двух сторон влиянию этих сил и врезываются быстрее. Но твердость или мягкость пород естественно оказывают влияние на развитие эрозии, и оно наиболее заметно в более старых горах, где гребни и вершины всего чаще соответствуют более твердым породам.

Долины делят на продольные, поперечные и диагональные по их отношению к горным складкам или преобладающему простиранию пластов; Дэвис ввел еще термины консеквентный, субсеквентный, обсеквентный, ресеквентный и инсеквентный (см. главу XII), точное применение которых возможно только после очень детального изучения исто-



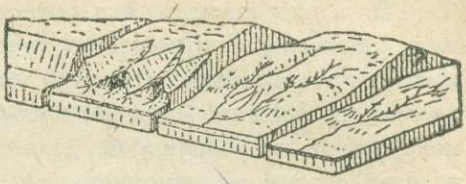
Фиг. 94б.

Схема развития каров (по Дэвису): 4—стареющие и 5—старые кары. На схемах 4 и 5 показаны прежние очертания горы при постепенном развитии каров.

рии развития долин данной местности. Характер долин до известной степени зависит от их возраста, и школа Дэвиса широко пользуется им для определения последнего. Но и в этом отношении необходимо принимать во внимание геологическое строение и климатические условия, в зависимости от которых характер целой долины или отдельных ее частей может совершенно не соответствовать ее возрасту. Так, если долина врезывается в местность с более или менее равномерным уклоном, напр., на склоне вулкана или складки, вода может начать работу одновременно на всем протяжении и развитие долины пойдет нормально; а если долина врезывается в обрыв столовой возвышенности или горста (фиг. 95), размыв начинается только в одном месте и только мало по малу отступает назад, так что продольный профиль будет ненормальный—в верховьях мы увидим медленное извилистое течение среди плоских берегов, а в низовьях—быстрое в глубоко врезанной долине или ущелье; в верховьях долина будет казаться старой, а в низовьях—юной или зрелой. Быстрота врезания долины зависит от разницы абсолютных высот водораздела и подножия возвышенности, но также от количества воды, т. е. от климата, и, наконец, от твердости пород и условий их залегания. Все это особенно сильно отражается на юных долинах, обусловливая их разнообразие, их „неготовность". В зрелых долинах уже достигнута кривая равновесия, зависящая от количества воды; но время, необходимое дла выработки этой кривой, может быть очень различно

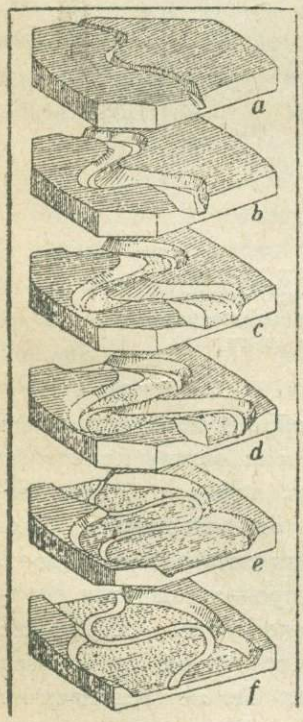
в зависимости от вышеуказанных условий: так, у одного и того же хребта на одном склоне долины могут иметь зрелый, а на другом склоне—юный характер, хотя начали развиваться одновременно.

Ширина дна долины также считается признаком для определения стадии развития; в юных долинах русло занимает все дно, в зрелых—только часть его, в виду работы размыва не вглубь, а в стороны в области стока; еще шире дно в области отложения (фиг. 96 и 97). В старых долинах широкое дно простирается до верховий. Но ширина дна опять таки зависит и от уклона, и от климата, и от твердости пород, что нужно принимать во внимание при оценке этого признака. На фиг. 96 изображена, согласно Дэвису, схема образования извилин (меандр) реки при постепенном развитии ее долины вглубь и в ширину; небольшие первоначальные изгибы юной долины (*a*), обусловленные различной твердостью или разными условиями залегания горных пород, постепенно превращаются, вследствие подмыва вогнутого берега в извилины зрелой долины (врезанные мэандры, *b*, *c*, *d*). При дальнейшем расширении ее дна выступы склонов в извилинах постепенно суживаются, понижаются и исчезают и в старой долине река образует извилины среди своих отложений в пределах широкого дна (*e*, *f*), т. е. свободные мэандры.



Фиг. 95.

Схема постепенного размыва сбросового уступа—4 стадии (по Дэвису).



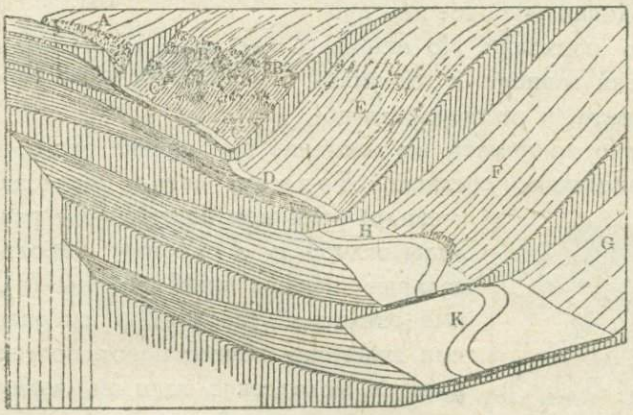
Фиг. 96.

Схема развития меандр реки из изгибов долины (*a*) через врезанные меандры (*b*, *c*, *d*) и кончая свободными (*e*, *f*) (по Дэвису).

Крутизна склонов равным образом может свидетельствовать о возрасте долины, но с теми же ограничениями, так как зависит также от твердости и условий залегания пород и от климата, определяющего количество воды и тот или иной ход выветривания, т. е. денудации, быстроты сглаживания склонов. Юные долины должны иметь более крутые склоны, чем зрелые, последние—более крутые, чем старые (фиг. 97—схема развития склонов по Дэвису). Но в рыхлых породах склоны юной долины, напр., оврага, быстро теряют свою крутизну. Очень влажный и теплый климат, способствующий химическому и органическому выветриванию, не благоприятен для устойчивости даже твердых пород; наоборот, в пустыне, где господствует механическое выветривание, склоны даже старых долин могут быть крутыми или отвесными. Изучение мощности и состава делю-

вия, признаков его движения на склонах данной долины, в связи с условиями климата и геологического строения, выясняют причины той или иной крутизны и поперечного профиля склонов и позволят правильно оценить этот признак возраста.

В. Пенк показал, что поперечный профиль склона является важным признаком соотношения эндо- и экзогенных сил. Если в данной местности происходит поднятие, быстрота которого превышает скорость эрозии, то внешние силы не в состоянии уравновесить увеличение уклонов сносом материала; в долинах происходит усиленный размыв и в связи с этим неравномерное понижение базисов денудации; поэтому



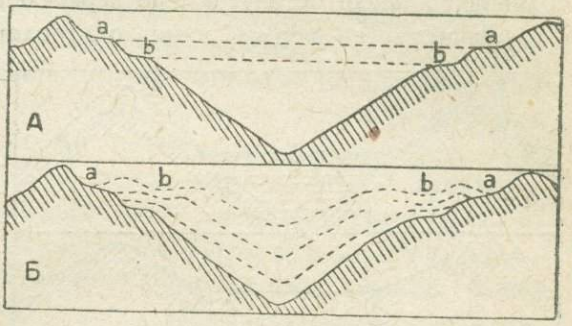
Фиг. 97.

Схема развития склонов речной долины (по Дэвису): *A*—скалистые склоны стадии юности; *B*—скалы; *C*—осыпи; *E*—коренные породы почти скрылись под делювием; *F*, *G*—дальнейшие стадии, профиль уже вогнутый, *D*, *H*, *K*—дно долины.

склоны **крутые** и **выпуклые**, причем крутизна определяется степенью интенсивности эрозии. При достигнутом равновесии между поднятием и денудацией образуются **прямолинейные** склоны, так как базисы денудации понижаются равномерно в зависимости от постоянства силы эрозии. При ослаблении или прекращении поднятия сила эрозии падает, базисы денудации остаются на том же уровне, а продолжающаяся денудация (смыв, движения делювия) обусловливает накопление рыхлых масс на нижней части склонов и понижение всех высот; рельеф становится более плоским, склоны **пологими** и **вогнутыми**. Те же последствия имеет понижение общего базиса эрозии данной местности, с той разницей, что поднятие (повышение верхнего денудационного уровня) отражается сверху вниз по течению рек, а понижение базиса обратно—от низовий вверх по течению. Опускание всей местности будет действовать в противоположном направлении, быстро ослабляя силу эрозии, ускоряя накопление сползающих масс у подножия, уменьшение крутизны склонов и превращение выпуклых или прямых в вогнутые.

Каждое изменение интенсивности эрозии обусловливает перерыв в нормальном развитии склона и приводит к образованию перелома—

входящего или выходящего угла на склоне. Такой перелом становится местным базисом денудации для вышележащей части склона, которая продолжает нормально развиваться по отношению к этому базису дальше, независимо от развития нижележащей части, обусловленного положением денудационного базиса на дне долины и его изменениями. Но если произойдет ослабление эрозии, как указано выше, этот перелом в связи с преобразованием нижней части склона будет перемещаться постепенно вверх, т. е. верхние (более старые) комплексы форм (участки склонов) постепенно поглощаются нижними (более юными). Из этого следует, что встречаемые во многих местностях сохранившиеся старые формы рельефа представляют не неизмененные „ископаемые" остатки его, как полагали до сих пор, а поверхности, испытавшие иное развитие в связи с имевшими место теми или иными изменениями интенсивности эрозии.



Фиг. 98.

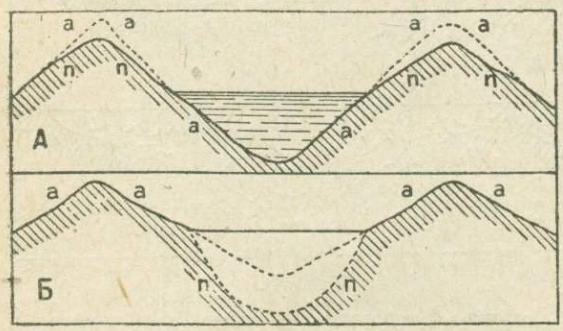
Долина с 2 террасами: в схеме *А* их генезис объяснен сменой боковой и глубинной эрозии главной реки, в схеме *Б*—только глубинной эрозией 5 ручьев, позже образовавших современную реку (по Ампфереру).

Уступы (заплечики) на склонах долин школа Дэвиса считает остатками прежнего более высокого дна их, т. е. доказательством того, что долина пережила не один цикл эрозии, что когда то дно ее находилось на высоте их уступов, а затем река снова начала врезываться; таким образом эти уступы принимают за террасы размыва (фиг. 98 *А*). Но, во первых, подобный уступ может быть обусловлен выходом более твердых пород, а, во вторых, он может представлять остаток дна не главной, а боковой долины, т. е. главная река никогда не протекала на высоте этого уступа и не создала его при боковой эрозии, как указал Ампферер (фиг. 98*Б*; список II, № 8). Он же привел пример образования перелома на склонах вследствие разных причин. На фиг. 99*А* нижняя половина склонов защищена от выветривания и размыва толщей речных отложений, тогда как верхняя будет подвергнута им; по удалении заполнения на склонах будет виден перелом, причем ниже его склоны будут древнее, выше—моложе. На фиг. 99*Б* плоская долина подверглась оледенению, и ледник выточил в ее дне трог; по удалении льда склоны обнаружат такой же перелом, как и в первом случае, но выше его они будут древнее, а ниже—моложе.

В виду этого, а также соображений, высказанных выше о развитии склонов и влиянии на него изменений интенсивности эрозии, всякий уступ на склоне должен быть изучен отдельно и сопоставлен с общими наблюдениями в данной местности. Вывод, что он представляет уцелевший остаток прежнего дна долины во многих случаях окажется неправильным.

Густота и разветвленность сети долин также не могут служить безусловным признаком возраста; они больше зависят не от последнего, а от климата и геологического строения. На склонах вулкана или горной цепи, где эрозия работает повсеместно и быстро, долины успеют сделаться пустыми и разветвленными в то время, когда реки будут иметь еще характер диких горных потоков, т. е. признак зрелости будет сочетаться с признаком юности. В столовой стране или горсте понадобится гораздо больше времени для развития разветвленной речной сети и более крупные реки успеют выработать спокойное течение, хотя большие площади останутся еще нерасчлененными.

Зависимость формы долин от геологического строения наиболее тесна в стадии их юности; по мере развития эрозии эта зависимость все более и более ослабевает. Реки, благоприятствуемые влажным климатом, большей мягкостью пород или более крутым падением прорезают тектонический водораздел и захватывают часть бассейна менее благоприятствуемых рек. Такой захват может служить признаком древности речной сети; но необходимо исследовать, не является ли такая река антецедентной, пересекающей целые хребты, благодаря тому, что она древнее последних и успешно боролась с их поднятием.



Фиг. 99.

В схеме *А*—долина заполнена наносами, предохранившими нижнюю часть склонов от размыва, тогда как гребни были понижены. В схеме *Б*—долину заполнил ледник, выточивший трог; *a*—*a*—древние поверхности, *n*—*n*—юные поверхности (по Ампфереру).

Висячие долины считают характерным признаком прежнего оледенения, при котором главная долина, вмещавшая более крупный ледник, была переуглублена сравнительно с боковыми, содержавшими маленькие долинные ледники или даже только каровые. Но переуглубление может быть произведено рекой при известных климатических условиях, напр., если большая река, имеющая истоки в высоких горах, обильных осадками, ниже по течению пересекает невысокие горы, бедные осадками, или если углубление боковых долин задерживается развитием в них наледей, т. е. в условиях вечной мерзлоты. На окраине нагорья или на крутом морском берегу, испытавшем юное поднятие, присутствие висячих долин объясняется тем, что орошающие их речки еще не успели врезаться в низовьях до нового базиса эрозии. Висячие долины этого генезиса известны на западной окраине Байкальского нагорья и на западном берегу о. Сахалина; на последнем юное поднятие подтверждается еще присутствием береговых террас и валов.

Одиночные горы и холмы, расположенные среди равнины, называются **останцами** (фиг. 91); считают, что они являются доказательством

понижения всей поверхности страны благодаря эрозии и денудации на соответствующую высоту (минимально). Если такие горы расположены вблизи окраины столовой возвышенности или плоскогорья, то этот вывод можно считать правильным; такие горы называются также *свидетелями* (прежнего распространения возвышенности на занимаемое ими место). Но изолированные горы среди равнины могут иметь и иное происхождение, в зависимости от своего состава, представляя, напр., остаток вулкана или ядро куполообразной складки, сложенное из более твердых пород, или остатки массива глубинной породы, и в этих случаях их высота не может служить мерилом сноса, имевшего место.

Мелкосопочник. Этим термином обозначают мелкохолмистую местность, характеризуемую довольно резкими формами и довольно многочисленными выходами коренных пород, хотя бы и сильно разрушенными, даже превращенными в осыпи. Бесчисленные крутобокие холмы и холмики отделены друг от друга целой сетью ложбин и небольших извилистых долин, часто не имеющих стока, оканчивающихся в котловинах. Этот рельеф свойствен местностям с сухим климатом, сложенным из твердых пород, и свидетельствует о значительной старости. В случае исключительного развития или господства мягких пород и горизонтального или очень пологого залегания, местность расчленяется в известной стадии развития бесчисленными разветвленными оврагами с крутыми склонами и более или менее узкими промежуточными гребнями; это тип „bad lands“, т. е. дурных земель, распространенный в западных штатах Сев. Америки (Аризона, Невада, Колорадо и др.), но известны и у нас в Туркмении, в Фергане и в Центральной Азии. При дальнейшем ходе эрозии и денудации он переходит в мелкохолмистый, сильно сглаженный.

Особенности развития рельефа. Как уже указано, формы рельефа зависят не только от состава и строения местности и стадии развития, т. е. юности, зрелости и старости (понимаемых не в качестве абсолютной оценки времени), но и от климатических условий. Ход эрозии и денудации подвергается значительным вариациям в местностях с климатом влажным и сухим, а также в связи с оледенением. Поэтому и школа *Дэвиса различает* циклы эрозии плювиальный, гляциальный и пустынный.

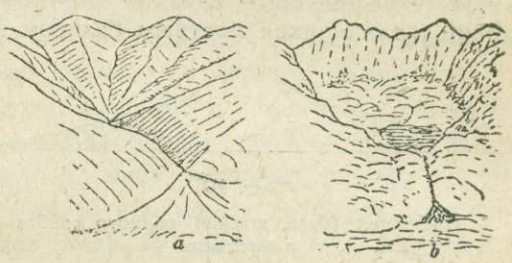
Плювиальный цикл, иначе называемый **нормальным**, знаком нам лучше всего, так как мы живем в области влажного климата; он представляет всего больше разнообразия, так как степень влажности может быть очень различной и, кроме того, комбинируется с температурой от низкой до высокой. Таким образом, плювиальный цикл развивается повсюду на земле, за исключением пустынь и местностей, покрытых постоянным снегом и ледниками; но в субполярном климате с 8—9-месячной зимой, холодным и дождливым летом процессы денудации и эрозии должны протекать иным темпом и создавать несколько иные формы, чем в умеренно-теплом климате с короткой зимой, жарким и сухим летом или в тропическом климате с сухой зимой и дождливым летом. Это разнообразие условий, повидимому, объясняет то, что *Дэвис* и его школа

не дают сжатой общей характеристики форм рельефа плювиального цикла, а рассматривают их подробно в зависимости от строения и возраста. Плювиальный цикл вообще отличается господством размыва силой постоянно текущей воды и денудации, зависящей от смыва и движений делювия. Но формы, создаваемые этими процессами, могут быть очень разнообразны в зависимости от комбинации условий температуры, количества и распределения осадков с условиями состава и строения. На севере, где 8—9 месяцев царствует зима, во время которой работает исключительно физическое выветривание, а дожди короткого лета имеют характер затяжных, формы рельефа обусловлены, главным образом, процессами денудации; характерными будут широкие, плоские долины, пологие склоны, каменные моря или поля, т. е. россыпи и осыпи глыб распавшихся на месте коренных пород на широких плоских вершинах и склонах, даже на дне долин; скалы, утесы, ущелья будут исключением в ландшафте, создаваемом существенно смывом мелкого материала и движением делювия по склонам, в комбинации с таянием и морозом. Чем дальше на юг с сокращением зимы и морозов, с более неравномерным выпадением дождей в теплое время года, на передний план будут больше выступать процессы размыва, хотя смыв и движения делювия все еще будут играть заметную роль, создавая комбинацию более резких и более сглаженных форм. На берегах Средиземного моря с дождливой зимой и сухим летом мы увидим уже преобладание резких форм с обилием скал, крутых склонов, ущелий; распространение известняков создает здесь своеобразные карстовые формы. В тропическом климате, с его высокой температурой и обильными осадками, органическое и химическое выветривание в течение всего года или большей его части снова обусловливает преобладание смыва и движений делювия при глубоком разрушении коренных пород; снова выходы последних становятся редкими, формы сглаживаются; но благодаря густой растительности, сдерживающей делювий, и отсутствию резких колебаний температуры, крутизна склонов, несмотря на отсутствие скал и обрывов, поддерживается в горах, комбинируясь с мягкостью очертаний; каменные россыпи и осыпи, благодаря господству химического и органического выветривания, отсутствуют.

Следы прежнего оледенения вносят своеобразные черты в нормальные формы рельефа плювиального цикла, а переход влажного климата в сухой на окраинах пустынь создает и формы, переходные к таковым цикла пустынного. Резкой смены одних другими нет и быть не может. Так, в Тянь-шане на небольшом протяжении, спускаясь с высот, где царствуют формы цикла глациального, мы найдем переход их в формы плювиальные, а ниже—в формы пустынные, что создает необыкновенное разнообразие в связи с сложным строением и разновременными поднятиями.

Формы **глациального цикла** различны в горах и на равнинах; в первых мы увидим выше границы постоянного снега острые пики и гребни, обусловленные развитием каров (фиг. 94), обилие, скал и обрывов, отчасти осыпей и россыпей, хотя в известной стадии развития эти

резкие формы могут временно исчезнуть, сменившись более мягкими, скрытыми под снегом, как указано выше. Резкие формы каров могут заместить и более мягкие формы полуцирков прежних верховий речных долин (фиг. 100). Ниже, где фирны уже сливаются в ледяные потоки, характерны троговые формы долин с крутыми склонами, богатыми осыпями щебня и глыб; курчавые скалы, бараньи лбы, террасы выпахиванья, впадины вытачиванья на дне и нижней части склонов долин обнаружатся уже после исчезновения или отступания льда. Морены конечные и береговые, флювио-глациальные выносы, эрратические валуны могут быть наблюдаемы и во время существования ледников, а после их исчезновения к ним присоединятся еще моренные и каровые озера, друмлины, эпигенетические участки долин и кары, и по абсолютной высоте последних мы будем судить о высоте былой снеговой линии; террасы выпахиванья, сглаженные гребни, висячие долины, эрратические валуны на склонах и второстепенных водоразделах дадут понятие о мощности ледников.

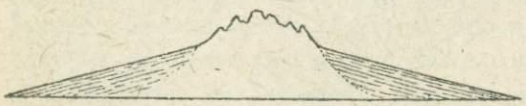


Фиг. 100.
Преобразование нормального верховья речной долины *a* в ледниковый кар *b* (по Э. Мартонну).

На равнинах, скрывавшихся под материковым льдом, глациальный цикл оставит после себя моренный ландшафт, распределенный известными поясами, а вне его—озы, моренные поляны, эрратические валуны, толщи валунной глины, перемежающиеся с флювио-глациальными отложениями или уступающими им место; дюнные пески, покровы лёсса будут окаймлять площади прежнего ледникового покрова, вторгаясь более или менее далеко в пределы последнего и создавая сложные разрезы четвертичных отложений с перекрытием эоловых и ледниковых образований друг другом. На равнинах, доходящих до берега полярного моря, вместо лёсса в строении наносов примут участие осадки бореальной трансгрессии; озерные и торфяные образования могут быть встречены в обоих случаях. Но рельеф равнин, подвергавшихся оледенению, характеризуется исключительно мелкими формами, легко подвергающимися преобразованию под влиянием условий плювиального цикла, сменившего глациальный.

Пустынный цикл характеризуется своеобразными формами. Господство физического выветриванья, обусловленного инсоляцией, резкими колебаниями температуры, замерзанием воды в трещинах в связи с химическим выветриванием в тени и скудостью или отсутствием растительности, создает обилие рыхлых грубых и мелких продуктов, стремящихся скрыть под собой выходы коренных пород; но ветер уносит мелочь, доступную его силе, а редкие, сильные ливни смывают делювий со склонов, обнажая скалы и снова делая их доступными для выветривания. Дождевые временные потоки смывают массу грубого и мелкого

материала со склонов на дно ущелий и долин, откуда выносят его на подножие гор. Песчаная шлифовка, развитие лака пустыни и защитных корок, каменных панцырей, карманов, ниш, эоловых столбов, столов и т. п. форм создают своеобразный вид поверхностей скал. Формы рельефа характеризуются обилием утесов и скал на ряду с осыпями обломков и щебня, резкостью вершин и гребней, крутизной склонов, мелкой, но сильной расчлененностью, с обилием долин, ущелий, котловин; резким окончанием высот над более или менее широкими и длинными пьедесталами (бэлями) из пролювия, вынесенного из гор, причем поперечный профиль обыкновенно имеет входящий угол (фиг. 101). Эти пьедесталы спускаются полого к центрам более или менее широких долин или котловин, являющихся местным базисом эрозии; из-под пролювия местами проглядывают выходы коренных пород, в виде скал, площадок, уступов, более или менее разрушенных. Дно впадин занято озером, солончаком или такыром. Постоянные реки, выходя из гор, мало по малу теряют воду, мелеют и оканчиваются в соленом озере или исчезают в наносах своего русла, или в песках, или, разветвившись, пропадают среди камышей своей своеобразной наземной дельты (Теджен, Мургаб). В других местах более сильный или продолжительный цикл создает мелкосопочник или успел уже сгладить рельеф до небольших грядок, гребней, усыпанных щебнем плоских холмиков, приближая местность к почти-равнине, во впадинах которой также скопляется грубослоистый пролювий. Местности того и другого рода можно встретить в пределах Гоби в Центральной Азии, где разнообразие вносится еще толщами гобийских пролювиальных и озерных отложений мелового и третичного возраста, повидимому создававшихся в аналогичных климатических условиях, заполнявших впадины, но позже расчлененных эрозией и развеванием в связи с неоднократными новыми поднятиями; более юные толщи отчасти срезают и перекрывают более древние. В настоящее время эти осадки превращены в участки bad lands, образующие склоны современных впадин или расчлененные столовые высоты. На ряду с описанными формами во впадинах пустынь Центральной Азии встречаются еще площади кучевых песков, иногда и барханов, а вдоль южной и юго-восточной окраин аккумулятивные эоловые формы становятся господствующими, занимая сначала широкие впадины между разрушаемыми горными цепями и грядами холмов, а затем и почти всю или всю площадь в виде обширных барханных песков Алашаня, Ордоса и пустыни Такла-макан в Таримском бассейне. Материал песков частью вынесен из глубины пустыни центробежными ветрами, частью же создан на месте развеванием горных пород и речного аллювия, отлагаемого реками, стекающими с горных цепей южной окраины и теряющимися в песках или в бессточных озерах. В лёссовой стране Северного Китая и в горных цепях, ограни-



Фиг. 101.

Пьедестал (бэль, шлейф) горного хребта в пустыне.

чивающих пустыни и цепи Центральной Азии со всех сторон, формы пустынного цикла быстро переходят в таковые плювиального, а затем и глациального (в Нянь-шане, Куэнь-луне, Мус-таге, Тянь шане, Монг, Алтае, Хангае и Кентее). В Туркестане обширные площади барханных и бугристых песков, среди которых кое-где еще встречаются остатки разрушающихся горных цепей, как Султан-уиз-даг, Букантау и др., отделены от окаймляющих с юга и востока гор аллювиальными наносами рек, пролювиальными пьедесталами и каймой лёсса, отложенного, вероятно, во время ледникового периода, когда в этой стране пустынный цикл непосредственно граничил с глациальным; теперь последний отступил вглубь гор и отделился от пустыни поясом плювиального цикла, судя по современным почвам предгорий. На западе пески ограничены столовыми высотами Устюрта, где формы пустынного цикла появляются в типичном развитии; севернее Аральского моря в р. Чу пески постепенно сменяются равнинами и мелкосопочником Киргизской степи; здесь формы пустынного цикла мало по малу уступают формам плювиального, но достигшим уже стадии более или менее глубокой старости. Для Киргизской степи смена циклов недавно описана Коржинским и дополнена мною (см. список III—5, № 98а).

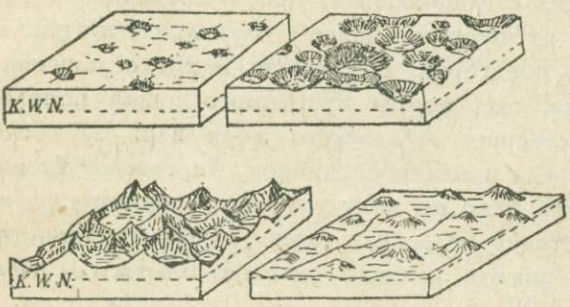
Формы, характерные для **берегов** больших водоемов, мы встретим на берегах морей и крупных озер, где они могут комбинироваться с формами циклов плювиального (напр., на Балтийском и Черном морях), пустынного (на Балхаше, Аральском море, восточном берегу Каспийского моря) или глациального (Лапландия, Новая Земля, Шпицберген). К береговым формам в тесном смысле слова мы отнесем волноприбойные террасы и желоба, береговые валы и террасы, дельты, лагуны, лиманы, эстуарии, фиорды, шхеры, риасовые и далматские очертания, бары, отмели, острова, дюны и пр., выясняя закономерность их развития на основании состава и строения, признаки положительного и отрицательного движения уровня воды и связанные с таковым изменения этих форм.

Карстовые процессы, обусловленные выходами растворимых пород на земную поверхность, проявляются наиболее резко и типично в плювиальном цикле. Встречаясь с ними, мы отметим воронки, поля карр в разных стадиях развития, исчезновение и появление рек, провальные озера, доллины (польи), оголение склонов, обилие скал, скудость растительности и определим стадию развития карста (фиг. 102) и его значение для морфологии местности.

Вулканические формы в пределах Союза нам придется наблюдать в современном развитии только на Камчатке и более или менее сильно измененные эрозией и денудацией во многих местах—по берегам Охотского и Японского морей, в Забайкалье, на Алданском плато, в Восточном Саяне, в Монгольском Алтае и Хангае, в Гоби, в Киргизской степи, в Тунгусском бассейне, на Кавказе и в Крыму. В мелком масштабе они свойственны и районам грязевых сопок полуостровов Керченского, Таманского и Апшеронского, Нефтяной горы и Боя-дага

в Туркмении, Кабристана в Закавказьи. Мы можем обнаружить остатки куполов, щитов, игл, одно- и разнородных конусов, потоков и покровов, более или менее уцелевшие кратеры, иногда с озером, кальдеры, долины залитые или перегороженные потоком лавы, и будем изучать насколько изменились эти формы, как они отражаются на общем рельефе данной местности и как должны были отражаться прежде.

Признаки оживления эрозии, омолаживанья форм рельефа или наступления нового цикла не должны ускользнуть от наблюдателя. Почти-равнина, выработанная из горной страны в течение закончившегося цикла эрозии, может быть вновь поднята в виде простого или сложного горста или выпячена в виде вздутия (эпирогенетически по Штилле или глыбовой складкой по Аргану); благодаря этому увеличатся уклоны или получатся резкие переломы рельефа или улучшатся условия конденсации атмосферных осадков, и на прежней сглаженной поверхности снова заработает проточная вода, врезая долины, на склонах которых замершие процессы денудации оживятся. Если высшие ступени горста поднимутся выше снеговой линии—на них накопятся снега и льды и начнется глациальный цикл, который заострит гребни и вершины, создаст кары. Примером такого омолаживания является Алтай, представлявший к началу третичного периода почти-равнину, созданную на месте палеозойской складчатой горной страны, затем поднятый в виде ступенчатого горста, расчлененный плювиальным циклом, переживший в начале четвертичного периода четырехкратное оледенение, типично видоизменившее плювиальные формы, которые еще не восстановлены полностью плювиальным циклом, сменившим глациальный, сохранившийся еще на высших ступенях. Но предшествовавший последнему плювиальный цикл далеко не успел еще развиться до конца и повсюду на Алтае мы находим на различных высотах остатки почти-равнины, придающие своеобразный характер этой горной стране—массивность очертаний, обилие нагорных заболоченных равнин.



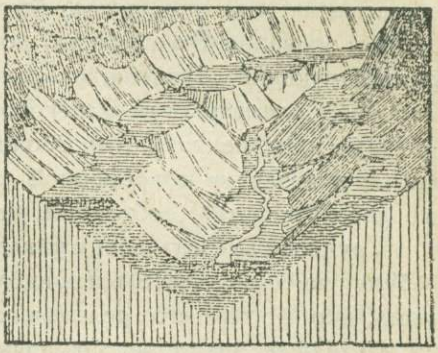
Фиг. 102.

Схема стадий развития карстового цикла (по А. Грунду); *K. W. N.* уровень карстовых (грунтовых вод).

Чаще, повидимому, в земной истории имеют место нарушения нормально развивающегося цикла эрозии в виде поднятий верхнего денудационного уровня или понижений и поднятий базисов эрозии, как общих, так и частных. Об этом свидетельствуют трансгрессии и регрессии морей, появление и исчезновение обширных озер. Эти колебания оказывали влияние на ход размыва и прямо—усилением и уменьшением уклонов, и косвенно—увеличением и уменьшением атмосферных осад-

ков, т. е. количества воды. В четвертичный период распространение и сокращение глациального цикла также должны были нарушать так или иначе нормальное развитие плювиального и обильные речные террасы находятся в зависимости не только от поднятий или опусканий, но и от изменений климата; поэтому так трудно разъяснить в точности историю их образования, относительно которой существуют еще серьезные разногласия (фиг. 103).

Юные поднятия и опускания лучше всего обнаруживаются на берегах морей и крупных озер по тем признакам, которые указаны в главе XII. Но и внутри материков можно собрать соответствующие наблюдения. Напр., мягкие, сглаженные формы рельефа, широкие долины, пологие склоны, медленное течение рек в верховьях в связи с ущельями, крутыми склонами, порогами, водопадами, вообще быстрым течением в их низовьях, явно свидетельствуют о недавних движениях, о понижении базисов эрозии, об омолаживании цикла, приближавшегося уже или даже достигшего стадии старости. Последняя сохранилась в верховьях рек, так как омолаживанье началось недавно и выработка нормального профиля не успела еще распространиться на всю длину течения. В подобных случаях не трудно заметить, что омоложенные формы распространяются тем дальше по данной долине, чем ближе ее устье к базису эрозии. В связи с этим может происходить захват части одной речной системы, более удаленной от этого базиса, верховьями другой системы, более близкой к последнему, почему в ней омоложение успело распространиться гораздо дальше. Пример этого обнаружен недавно в бассейне р. Алдана, где верховья рр. Селигдара и Якокута, притоков среднего течения первого, успели уже захватить часть бассейнов рр. Томмота и Ыллымаха, более удаленных от базиса; рч. Чечорка, приток Якокута, подготовляет захват нового участка р. Ыллымаха. В Сибири вообще можно найти многочисленные примеры омоложенного цикла эрозии в разных стадиях развития (см. список III, № 101, 2). Уровень оз. Байкала, представляющий базис эрозии для всех впадающих в него речных систем, в четвертичный период понизился на 500 м, судя по распространению озерных отложений до этой высоты: это объясняется оседанием дна этого грабена, происшедшим, повидимому, в несколько приемов, и обусловившим исчезновение целой сети озер, занимавших долины Южного Забайкалья.



Фиг. 103.

Схема образования террасс накопления (по Дэвису).

Признаки изменения климата, от которого существенно зависит то или иное развитие форм рельефа, также могут быть обнаружены

наблюдателем при изучении этих форм и четвертичных образований на склонах и дне долин. Признаки глациального цикла, предшествовавшего современному плювиальному, уже указаны выше и вообще в большинстве случаев настолько ясны, что только неопытный или невнимательный наблюдатель может пропустить их. Долговременное и упорное отрицание сильного оледенения Сибири, несмотря на противоположные заявления некоторых более проницательных исследователей, объясняется тем, что Черский, являвшийся в 70-х и 80-х годах XIX в. главным авторитетом в геологии этой страны, сам не был знаком с работой современных ледников и получил мощную поддержку со стороны климатологов, особенно Воейкова, полагавших, что континентальный климат, препятствующий развитию оледенения, установился в Сибири уже давно. Благодаря климатологам и некоторым геологам, старавшимся объяснить признаки оледенения иными геологическими агентами, это заблуждение еще не исчезло из современной литературы, несмотря на многочисленные доказательства, собранные уже и на севере, и на юге Сибири.

Труднее заметить смену цикла плювиального пустынным или обратно, требующую более тщательных наблюдений. Так, на Памире Шульц обнаружил, что формы его рельефа созданы при более влажном климате, а в настоящее время видоизменяются накоплением элювия и делювия, благодаря сухому климату, т. е. плювиальный цикл сменился пустынным, несмотря на большую высоту этой горной страны, сохранившей оледенение (см. список III, № 94, 3). В европейской части Союза погребенные почвы в толщах лёсса свидетельствуют, что пустынный цикл, вернее, фаза, во время которой на степях отлагался лёсс, сменялась плювиальной, при которой образовывалась перегнойная почва, подобно современному чернозему. В Кузнецком бассейне Сперанский нашел признаки неуклонно нарастающей влажности и охлаждения климата в новейшую фазу четвертичного периода, сменившую засушливую фазу, когда создавались эоловые отложения и черты пустынного цикла (загар, шлифовка, карманы и ниши выветривания) (см. список III, № 103, стр. 21—40). Подобные же явления характеризуют Киргизскую степь по яркому описанию Крашенинникова (см. список III, № 99). На юге Иркутской губ. Коровин обнаружил совершенно заросшие барханные пески, также свидетельствующие, в связи с лёссом предгорий, о пережитой страной пустынной фазе перед современной плювиальной. Таким образом в Сибири климат прежде был даже суше современного, что не препятствовало существованию оледенения в горах на юге и повсюду на севере, в то время, когда на равнинах юга отлагались лёсс и пески, продукты пустынной фазы, которая по мнению многих современных ученых сопоставляется с ледниковыми, а не с междуледниковыми эпохами.

Новые геоморфологические исследования приводят к очень интересным результатам в отношении установления движений земной коры, их характера и интенсивности. Но морфологический метод должен непременно опираться на стратиграфические, фациальные и тектонические наблюдения. Изучение систем поверхностей, расположенных друг над

другом, позволяет судить об интенсивности и направлении (поднятие, опускание) имевшего место движения, тогда как характер последнего познается сравнением форм склонов, расположенных рядом. Оказывается, что особенно распространены движения в виде глыб, перемещающихся вдоль более или менее вертикальных поверхностей разлома друг относительно друга; большое значение имеют также волнообразные изгибы коры значительной длины и ширины, названные Пенком большими складками (Grossfalten); эти мега-складки, повидимому, характерны для орогенетических поясов (юных складчатых гор) и выражают как бы затухание постепенно ослабевающего горообразования. Эти изгибы Пенк обнаружил в Аргентине и Малой Азии; он не называет их эпирогенетическими (вообще не употребляя этот термин), но их нужно причислить к таковым и отметить, что эпирогенетические поднятия и погружения свойственны, согласно Штилле, не только юным орогенетическим поясам. Мы можем предполагать их и в древних глыбах, массивах и шельфах разного строения и искать их отражение на развитии форм рельефа. Кроме того, допуская, согласно Аргану, особый тип глыбовой складчатости в древних участках земной коры, связанной с сбросами и глыбовыми надвигами (см. главу VIII), мы должны иметь в виду и возможность их влияния на то или иное преобразование форм рельефа, на ход денудации и эрозии. Горизонтальные движения участков земной коры друг относительно друга (шарриажи, глыбовые надвиги) обусловливают различную степень денудации, т. е. изменение форм рельефа одних участков сравнительно с другими и даже разных частей того же участка; напр., фронт покрова шарриажа должен измениться гораздо быстрее и сильнее, чем поверхность покрова. Наконец, в последнее время (см. Винклер, список III, № 147) подтверждается существование эйстатических (вверх и вниз) перемещений морского уровня, не зависящих от орогенетических движений. Их значение установил уже Зюсс, но позже их долго отрицали. Они могут сочетаться с движениями земной коры, ослабляя или усиливая влияние последних на ход эрозии и денудации, т. е. на выработку рельефа.

Геоморфологические карты. Геоморфологические описания местности желательно пояснять специальными картами. До сих пор это делалось сравнительно редко и вопросы, связанные с геоморфологическим картированьем, мало разработаны, как указывает Марков в статье, с которой полезно познакомиться (см. список II, № 2а); в ней указана и небольшая имеющаяся литература.

Основой геоморфологической карты является топографическая карта исследуемой местности, всего лучше в горизонталях, которые уже дают общее представление о рельефе. Но так как многие мелкие формы, интересные для геоморфолога, в виду их малых размеров не выражаются в горизонталях (береговые валы, невысокие террасы, конечные морены, отдельные холмы, вообще все, что меньше принятого расстояния между горизонталями), то нужно дополнять топографическую карту разными значками—гашюрами, точками, черточками, звездочками и т. п.—

изображающими эти детали рельефа. Значки можно наносить различными цветами, что позволит выделять формы одинакового генезиса: 1) скульптурные или эрозионные (террасы размыва, скалы, обрывы, висячие долины, кары, останцы и пр.); 2) структурные или тектонические (сбросы, складки, сдвиги); 3) насаженные или насыпные (дюны, морены, озы, береговые валы, террасы накопления и пр.). В каждой из этих генетических групп можно еще различать цветами формы одинакового происхождения, напр. в насыпных эоловые, ледниковые, морские, речные, вулканические.

Геологический возраст отдельных форм рельефа можно выразить на карте в тех случаях, когда он определяется достаточно точно. Напр., морены разных эпох оледенения и соответствующие им озы, друмлины, террасы, кары могут быть показаны различными цветами. Вулканические конусы, покровы, потоки разных фаз также могут быть выделены раскраской. Молодые ущелья, эпигенетические участки долин можно выделить среди остальных более старых форм. Остатки почти-равнины, уцелевшие от размыва, могут быть отмечены особой краской или штриховкой, как равно и сбросы или складки разного возраста, ясно отражающиеся в рельефе [1]).

Кроме обще-геоморфологической карты, изображающей все генетитические формы рельефа данной местности, существуют еще другие виды карт: 1) обзорные геоморфологические карты мелкого масштаба, изображающие только главные черты рельефа; 2) мономорфологические или специальные карты, учитывающие только одну определенную группу форм, напр. только ледникового генезиса; 3) палеоморфологические, представляющие реконструкцию древнего, уже исчезнувшего рельефа; этот род наиболее трудный для исполнения и может быть результатом только очень детальных исследований местности.

Главнейшая литература

I. Общие руководства и статьи

На русском языке руководств по геоморфологии нет, почему приходится указывать руководства по общему землеведению.

1) Анучин, Д. Теория географических циклов Дэвиса в критическом освещении Геттнера. „Землев.“, кн. 3—4, 199—204, *1923*.

2) Зупан, А. Основы физической географии. Новое изд. по 5-му немецкому. Петроград, 1090 стр., *1914*.

3) Крубер, А. Общее землеведение. Вып. I—III Москва, *1917-22*.

4) Реклю, Э. Земля. Описание жизненных явлений земного шара. I. Суша. II. Океан, атмосфера, жизнь. СПБ., *1878* и *1882*.

5) Танфильев, Г. География России, Украины и примыкающих к ним с запада территорий. Часть I и II. Гос. Изд. Украины, *1922-24*.

---

[1]) В указанной статье Маркова, которой мы пользуемся, вопрос о нанесении геологического возраста рельефа изложен в слишком неопределенной форме и я его детализирую несколькими примерами.

6) Davis, W. M. 1) Die erklärende Beschreibung der Landformen. Deutsch bearbeitet von A. Rühl. Leipzig-Berlin, 565 стр., *1912*, 2) Praktische Uebungen in physischer Geographie. Deutsch von K. Oestreich, *1912*. 3) Physikal Geographie, *1898*.

7) Davis, W., Braun, G. Grundzüge der Physiogeographie. Leipzig-Berlin, 322 стр. 2. Aufl., *1915* (сравнительно с английским изданием значительно дополнено и переработано).

8) Hettner, A. Die Oberflächenformen des Festlandes, ihre Untersuchung und Darstellung. Leipzig-Berlin, 250 стр., *1921*.

9) Lapparent, A. Leçons de géographie physique. 2 édit. Paris, 718 стр., *1898*.

10) Machatschek, F. Geomorphologie. „Aus Natur und Geisteswelt", Bd. 627. Leipzig-Berlin, 129 стр., *1919*.

11) Martonne, E. Traité de géographie physique. 4 édit. Paris, 3 tomes, *1926* (большие списки литературы).

12) Passarge, S. 1) Physiologische Morphologie. „Mitt. d. Geogr. Ges.", Hamburg, XXVI, H. 2, 133 -337. *1912*. 2) Die Grundlagen der Landschaftskunde, 2, Aufl. 3 Bände. Hamburg, *1929*.

13) Penck, A. Morphologie der Erdoberfläche. 2 Bände. Stuttgart, *1894*.

14) Penck, W. Die morphologische Analyse. Ein Kapitel der physikalischen Geologie. Geogr. Abh. v. Penck, 3 Reihe, H. 2. Stuttgart, 283 стр., *1924*.

14a) Philippson, A. Grundzüge der allgemeinen Geographie. II. Morphologie. Leipzig, *1924*.

15) Richthofen, F. Führer für Forschungsreisende. Berlin, 745 стр., *1886*.

16) Sapper, K. Geologischer Bau und Landschaftsbild. „Die Wissenschaft" Bd. 61, Braunschweig, 216 стр., *1922*.

17) Supan, A. Grundzüge der physischen Erdkunde. 6. Aufl. Leipzig, *1916*.

18) Reade, M. The evolution of earth structure with a theory of geomorphic changes. London, 342 стр., *1903*.

19) Berthaut. Topologie. Etude du terrain. 2 vols. Serv. Géogr. de l'Armée, Paris, *1909*.

20) Dake, C., Brown, I. Interpretation of topographic and geologic maps. New York, 355 p. 12°, *1925*.

21) de la Noë, Margerie E. Ler formes du terrain. Paris, 200 p., *1888*.

22) Schrepfer, H. Die morphologische Analyse nach W. Penck. „Ztschr. Ges. Erd. Berlin", № 7—8, *1926*.

II. Статьи по отдельным вопросам

1) Берг, Л. 1) О значении термина нагорье. „Землев.". кн. III, 153—158, *1915*. 2) Классификация форм рельефа. „Природа", № 6, *1929*.

2) Борзов, А. К вопросу об асимметрии междуречных плато. Сборн. 75-летия Д. Анучина, 531—554. Москва, *1913*.

2a) Марков, К. К О геоморфологической карте. „Геол. Вестн.", VII, № 1—3, *1929*.

3) Мирчинк, Г. Некоторые соображения по поводу условий накопления континентальных осадков при влажном климате. Бюлл. Моск. О-ва Исп. Пр., № 1—2, *1924*.

4) Павлов, А. О рельефе равнин и его изменениях под влиянием работы подземных и поверхностных вод. „Землев.", кн. III—IV, 91—147, *1898*.

5) Пенк, А. О формах гор. „Землев.", кн. III -IV, 75—98, *1897*.

6) Тетяев, М. К вопросу о переуглублении. „Изв. Р. Геогр. О-ва", в. 9, 717—721, *1916*.

7) Эдельштейн, Я. К учению о циклах эрозии. „Почвовед.", № 1—2, *1925*.

8) Ampferer, O. Ueber morphologische Arbeitsmethoden, „Jahrb. geol. Bund. anst.", 72, H. 3—4, 205—222. Wien, *1922*.

9) Baulig, H. Ecoulement fluvial et denudation, d'après les travaux de l'Un. St. Geol. Surv. „Ann. de Geogr." ,385—411, *1910*.

10) Bennett, F., Spicer, E. Formation of valleys in porous strata. „Geogr. Journ.", № 9, 277—293, *1908.*

11) Behrend, F. Ueber die Entstehung der Inselberge und Steilstufen besonders in Afrika, und die Erhaltung dieser Formen. „Ztschr. d. d. geol. Ges." **70**, M. Ber., *1918.*

12) Behrmann, W. Die Oberflächenformen in den feuchtwarmen Tropen. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", № 1—2, *1921.*

12a) Blackwelder, E. The recognition of fault-scarps. Journ. Geol., may—june, *1928.*

13) Burchard, A. Neue Erkenntnisse zum Stufenbau der Alpentäler. „Pet. Mitt.", № 7—8 и 9—10, *1923.*

14) Campbell, M. Drainage modification and their intepretation. „Journ. Geol.", IV, № 5—6, 567—581 и 657—678, *1896.*

15) Daly, R. Pleistocene changes of level. „Am. Journ. of Sc.", Oct., 281—313, *1925.*

16) Davis, W. 1) Plains of marine and subaerial denudation. Bull. Geol. Soc. Am., VII, 377—398, *1896.* 2) The geographical cycle in an arid climate. „Journ. Geol.", XIII, № 7—8, 381—407, *1905.* 3) The geographical cycle. „Geogr. Journ.", XIV, *1899.* 4) The systematic description of land forms. Там же, XXXIV, 2, *1909.* 5) La pénéplaine. „Ann. Géogr.", № 41 и 42, *1899.* 6) The cycle of erosion and the summit level of the Alps. „Journ. Geol.", **31**, 1—41, *1923.*

17) Diener, C. Die Grossformen der Erdoberfläche, „Mitt. geogr. Ges., Wien", **59**, *1915.*

17a) Freeman, O. W. Example of a pseudo-cirque formed by landslide sapping. „Journ. Geol.", **33**, *1925.*

18) Götzinger, G. Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen. Geogr. Abh. v. Penck, IX, H. **1**, *1907.*

19) Gradmann, R. 1) Das harmonische Landschaftsbild. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", № 3—4 и № 8—10, *1924.* 2) Das Schichtstufenland. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", 113—140, *1919.*

20) Grund, A. 1) Die Probleme der Geomorphologie am Rande von Trockengebieten. SB. math. nat. Kl. Ak. Wiss. Wien, **115**, 525—551, *1906.* 2) Der geographische Zyklus im Karst. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", № 8, *1914.*

21) Heim, A. Ueber die Gipfelflur der Alpen. Vierteljahrschr. d. Nat. Ges. Zürich, **67**, H. 1—2, 45—66, *1922.*

21a) Heritsch, F. Die Entstehung der Hochgebirgsformen. Graz, 170 стр., *1927.*

22) Hettner, A. 1) Die Entstehung des Talnetzes. „Geogr. Ztschr.", **19**, H. 3, *1913.* 2) Rumpfflächen und Pseudorumpfflächen Там же H. 4, 185—202, *1913.* 3) Die Abhängigkeit der Form der Landoberfläche von inneren Bau. Там же, 435—445, *1913.* 4) Die Entwickelung der Landoberfläche. Там же, 129—145, *1914.* 5) Die Vorgänge der Umlagerungen der Erdoberfläche und die morphologische Korrelation. Там же, **20**, H. 4, 185—197. *1914.* 6) Alter und Form der Täler. Там же, 665—682, *1912.*

23) Hilber, V. Taltreppe. Eine geologisch-geographische Studie. Graz, 50 стр., *1912.*

24) Hobbs, W. Repeating patterns in the relief and in the structure of land. „Bull. Geol. Soc. Am.", **22**, 123—176, *1911.*

25) Hornig, G. Die Oberflächenformen verschiedener Eruptivgesteine. „Geogr. Ztschr.", **20**, *1914.*

26) Kendall, J. The formation of rock basins, „Geol. Mag.", April, 164—173, *1926.*

27) Keyes, C. 1) Deflative scheme of the geographic cycle in an arid climate. „Bull. Geol. Soc. Am.", **23**, *1912.* 2) Structure of Basin ranges. Journ. Geol., XIII, *1905.*

28) Klüpfel, W. Ueber Reliefmorphogenie und zyklische Landschafts-generationen. „Geol. Rundsch.", **17**, № 6, *1926.*

28a) Kockel, C. Ideal-Stufenland und Wirklichkeit. „Geol. Rd.-schau", **19**, H. 6, *1928.*

29) Lawson, A. Epigenic profils in the desert regions. Calif. Univ. papers, *1915.*

30) Lehmann, O. 1) Tal-und Flusswindungen und die Lehre vom geographischen

Zyklus. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", № 2, № 3, *1915*. 2) Die Talbildung durch Schuttgerinne. Festband Penck, 48—65. Stuttgart, *1918*.

30a) Lobeck, A. Panorama of physiographic types. Wisconsin, *1926* (на 2 листах изображены в виде панорамы сочетания главных форм рельефа с объяснением их).

31) Ludwig, A. Zur Lehre von der Talbildung. Jahrb. St. Gall. Nat. Ges., 122—140, *1911*.

32) Lucerna, R. Mittelgebirgs-aus Hochgebirgsformen. „Pet. Mitt." №11—12, *1925*.

33) Machatschek, F. Verebnungsflächen und junge Krustenbewegungen. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", *1916*.

34) Moscheles, I. Ueber Eckfluren und andere Probleme der Talbildung. „Geol. Rundsch.", **13**, H. 2, *1922*.

35) Obst, E. Terminologie und Klassifikation der Berge. „Pet. Mitt.", №№ 4, 5, 6, *1914*.

36) Oestreich, K. Geologische und geomorphologische Terrasenstudien. „Ztschr. d. d. Ges.", **61**, MB, *1909*.

37) Passarge, S. 1) Rumpfflächen und Inselberge. „Zschr. d. d. geol. Ges.", *1904*. 2) Das Problem der Skulptur-Inselberglandschaften. „Pet. Mitt.", № 3—4, № 5—6, *1924*.

38) Penck, A. 1) Die Morphologie der Wüste. „Geogr. Ztschr.", 545—558, *1909*. 2) Die Gipfelflur der Alpen. SB. d. preuss. Ak. Wiss., **17**, 256—268, *1919*. 3) Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel. Там же, *1913*.

39) Reinecke, L. Average regional slope, a criterion for the subdivision of old erosion surfaces. „Journ. Geol.", **24**, *1916*.

40) Salomon, W. Tote Landschaften und der Gang der Erdgeschichte. SB Heidelb. Ak. Wiss., mat. nat. Kl., *1918*.

41) Sawicki, L. Beiträge zum geographischen Zyklus im Karst. „Geogr. Ztschr.", **15**, 185—204 и 259—281, *1909*.

42) Schaffer, F. Epigenese und Reliefdenudation. „Geol. Rundsch.", **11**, H. 1—4, *1920*.

43) Scheu, E. 1) Die Entstehung von Trockentälern. Festband Penck, 93—107, *1918*. 2) Die Bedeutung der Schuttuntersuchung fur die Erklätung der Landformen. Nat. Wochenschr., N. F. XIX, 577.

44) Sölch, I 1) Eine Frage der Talbildung. Festband Penck, 66—92, *1918*. 2) Epigenetische Erosion und Denudation. „Geol. Rundsch.", **9**, H. 7—8, 161—178, *1918*.

45) Rüger, L. Akroorogene Bewegungen. Cbl. N. J. *1927. B*, № 2, 50—55.

46) Schmitthenner, H. 1) Die Entstehung der Dallen und ihre morphologische Bedeutung. „Ztschr. f. Geomorph.", I, H. 1, 3—28, *1925*. 2) Die Entstehung der Stufenlandschaft. „Geogr. Ztschr.", *1920*.

III. Региональная геоморфология

Геоморфологические данные можно найти во многих геологических, статьях, особенно новейшего времени; мы указываем только литературу с преимущественным геоморфологическим содержанием (для стран вне СССР только немногое).

1. Равнины Европейской России

1) Анучин, Д. Рельеф поверхности Евр. России в последовательном развитии о нем представлений. „Землев.", кн. 1, 77—126, кн. 4, 65—124, *1895*.

2) Архангельский, А. Среднее и Нижнее Поволжье. „Землев.", кн. 4, 19—124, *1911*.

3) Борзов, А. 1) Географические наблюдения в области Подольского левобережья р. Ю. Буга. „Землев.", кн. 3, 74—86, *1913*. 2) Геоморфологические наблюдения в сопредельных частях Московской, Владимирской и Тверской губ. „Землев.", кн. 3—4, 171—198, *1922*.

4) Выржиковский, Р. Геологический путеводитель по Зап. Подолии. Киев, 36 стр., *1926*.

5) Геттнер, А. Евр. Россия. Антропо-географический этюд. „Землев.“, кн. 3—4, Прил., 174 стр., *1906*.

6) Григорьев, А. Геология и рельеф Большеземельской тундры и связанные с ним проблемы. Тр. Сев. Научн. Пром. Эксп., в. 22. Москва, 64 стр., *1924*.

7) Григорьев, С. На полуострове Канине „Землев.“, кн. 3, 1—45, *1913*.

8) Димо, Н., Келлер, Б. В области полупустыни. Почвенные и ботанические исследования на юге Царицынского уезда. Изд. Сарат. губ. земства, 215 стр., *1907*.

9) Житков, Б., Бутурлин, С. По Северу России (Архангельская губ., о. Колгуев, Новая Земля). „Землев.“, кн. 3—4, 29—206, *1901*.

10) Крубер, А. Физико-географические области Евр. России. „Землев.“, кн. 3—4, 163—220, *1907*.

11) Ласкарев, В. 1) К вопросу о форме и строении речных долин Ю. России. Мат. по иссл. почв Харьк. губ.; в. 6, 1—11, *1915*. 2) О геоморфологическом разделении площади Евр. России. „Геол. Вестн.“, № 5—6, 223—227, *1916*.

12) Леваковский, И. Способ и время образования долин на юге России. Харьков, 46 стр., *1869*.

13) Личков, Б. 1) К вопросу о террасах Днепра. Вестн. Укр. Отд. Геол. Ком., IX, 77—97, *1926*. 2) К вопросу о геологической природе Полесья. Изв. Ак. Н., № 2, *1928*.

14) Мирчинк, Г. Послетретичная история равнины Евр. России. Раб. Торф. Акад., Ест.-ист. секц., в. 1, 1—17.

15) Никитин, С. Речные долины средней России. Тр. Геол. Ком., I, в. 2, *1884*.

16) Оппоков, Е. Речные долины Полтавской губ., ч. I и II, СПБ, *1901* и *1905*.

17) Ососков, П. Формы поверхности и строение земной коры в пределах Среднего и Нижнего Поволжья и Заволжья. Россия, изд. Девриена, VI, *1901*.

17а) Павлов, А. П. О рельефе равнин и его изменениях под влиянием подземных и поверхностных вод. „Землев.“, кн. 3—4, *1898*.

18) Петров, В. Естественно-географические районы вдоль Мурманской ж. д. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, 55, в. 2, *1919-23*.

19) Резниченко, В. В горах и кручах Каневской дислокации (Путеводитель). Киев, 84 стр., *1926*.

20) Соболев, Д. Ледниковая формация Сев. Европы и геоморфологическое расчленение Русской равнины. „Изв Р. Геогр. О-ва“, 56, в. 1 и 2, *1924*.

21) Соколов, Д. 1) К орографии и геологии Общего Сырта. „Изв. Оренб. Отд. Р. Геогр. О-ва“, XI, *1897*. 2) Материалы к истории речных долин Юга России. Еж. Геол. Мин. Росс., XVI, в. 5, *1914*.

21а) Соколов, Н. Н. Геоморфологический очерк района р. Волхова и оз. Ильмень. Мат. по исслед. р. Волхова и его бассейна, *1926*.

22) Танфильев, Г. Физико-географические области Евр. России, Тр. В. Эк. О-ва, № 1, 1—30, *1897*.

23) Тутковский, П. 1) Ископаемые пустыни северного полушария. „Землев.“, Прил. к *1909*. 2) Зональность ландшафтов и почв в Волынской губ. „Почвовед.“, № 3, *1910*. 3) Орографический очерк Центр. и Южного Полесья. „Землев.“, Прил. к *1911*, 108 стр. (во всех статьях большие списки литературы).

24) Grigoriew, A. Zur Geomorphologie der Bolschesemelskaja Tundra. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin“, № 3—4, *1925*.

25) Hausen, H. Ueber die Entwickelung des Oberflächenformen in den russischen Ostseeländern und den angrenzenden Gouvernements in der Quartärzeit. Fennia, 34, № 2, 3; 181+142 стр., *1913-14*.

26) Lewinski. Die Steppen des Schwarzen Meeres westlich des Dniepr. Prace Tow. Nauk., Warschau, *1916*.

27) Penck, A. Die Ukraina. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin“, №№ 6 и 7, *1916*.

28) Philippson, A. Geographische Reiseskizzen aus Russland. Das russische Flachland. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin“, 33, 37—68 и 77—110, *1898*.

2. Урал и Тиман

29) Баклунд, О. Полярный Урал. В. 1. Общий обзор деятельности экспедиции бр. Кузнецовых. Зап. Ак. Наук, VIII с., 28, № 1, *1911*.

30) Борзов, А. Общий характер Уфимского Приуралья. „Землев.“, кн. 1—2, 221—251, *1924*.

31) Варсанофьева, В. 1) В южной части Уфимского плоскогорья. „Землев.“, кн. 3—4, 151 180, *1916*. 2) Очерки Тимана. „Землев.“, кн. 1—2, 5—74, *1922*. 3) Геоморфологический очерк бассейна Илыча. Тр. Инст. по изуч. Севера, в. 42. М. *1929*.

32) Григорьев, А. К геоморфологии западного склона южного Урала. Изв. Геогр. Инст.. в. 5, 1—20, *1925*.

33) Городков, Б. 1) Река Конда. „Землев.“, кн. 3—4, 172—211, *1912*. 2) Полярный Урал в верхнем течении р. Соби и Войкара. „Изв. Ак. Наук“, № 9, 745—767, *1926*.

34) Журавский, А. Результаты исследований приполярного Запечорья в 1907—08 гг. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, 197—232, *1909*.

35) Ивченко, А. 1) Из наблюдений в Ю. Урале. „Землев.“, кн. 3—4, 207—222, *1901*. 2) В Оренбургском крае. Там же, кн. 1—2 и 3—4, *1905* и кн. 1—2, 3—4, *1907*.

36) Кротов, П. Материалы для географии Урала. Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр., 34, № 3, *1905*.

37) Носков, А. В южном Урале. „Землев.“, кн. 4, 61—94, *1913* и кн. 3—4, 76—150, *1916*.

38) Савельев, Р. Географические работы на восточном склоне Урала. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, в. 3, 226—230, *1901*.

39) Танфильев, Г. По тундрам тиманских самоедов летом 1892 г. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, в. 1, 1 41, *1894* (см. также I, № 5, ч. I, гл. IX).

40) Федоров, Е., Иванов, П. Сведения о Сев. Урале. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, в. 3, 255 - 297, *1886*.

41) Чернышев, Ф. Орографический очерк Тимана. Тр. Геол. Ком. XII, № 1, *1915*.

42) Duparc, L., Pearce, F. Sur la prèsence de hautes terrasses dans l'Oural du nord. „La Géogr.“, 369—384, *1905*.

43) Gulliver, F. Planation and dissection of the Ural mountains. „Bull. Geol. Soc. Am.“, X, 69 - 82, *1899*.

44) Hiekisch, K. Das System des Urals. Dorpat, 254 стр., *1882*.

45) Pohle, R. Formenschatz des Nordural. „Pet. Mitt.“, № 7—8, *1923*.

46) Stahl, A. Beobachtungen in den Kirgisensteppen. „Pet. Mitt.“, 106—114, *1901* (Уральск—Гурьев—Уил).

3. Крым и Кавказ

47) Андрусов, Н. Террасы Судака. Зап. Киевск. О-ва Ест., 22, *1912*.

48) Богданович, К. 1) Два пересечения Главного Кавказского хр. Тр. Геол. Ком., XIX, № 1, 209 стр., *1902*. 2) Система Дибрара в юго-восточном Кавказе. Там же, Н. С., в. 26, *1906*.

49) Григорьев, С. 1) Некоторые наблюдения в Сев. Кавказе. „Землев.“, кн. 1—2, 31—55, *1916*. 2) Долины окрестностей Кисловодска. Сборн. 75-летия Анучина, 77—106, *1913*.

50) Добрынин, Б. 1) К геоморфологии Крыма. „Землев.“, кн. 1—2, 124—165, *1922*. 2) Горный Дагестан и элементы его ландшафта. Там же, кн. 1—2, 48—120, *1917*. 3) Ландшафты Дагестана. Там же, кн. 1—2, 93—113, *1924*.

51) Ивановский, А. 1) Озеро Гокча. „Землев.“, кн. 2—3, 1—36, *1895*. 2) Арарат. Там же. кн. 1—2, 59—100, *1897*.

51а) Крашенинников, И. М. и Неуструев, С. С. Геоморфологический очерк Малой Кабарды и Моздокской степи. Зап. Мин. Общ., 55, в. 1, *1926*.

52) Крубер, А. 1) Карстовая область горного Крыма. „Землев.“, кн. 1—2, Прил., *1915*. 2) Географический очерк Судако-Ускутского района Горного Крыма. Там же, кн. 1—2, 63—98, *1925*.

53) Мирчинк, М. Общие замечания по геоморфологии Апшеронского полуострова. „Вестн. Моск. Горн. Ак.“, I, № 1, 56—64, *1922*.

54) Щукин, И. 1) Степи восточного Закавказья. „Землев.“, кн. 3—4, 124—170, *1922*. 2) Следы сухой послеледниковой эпохи на Сев. Кавказе. Там же, кн. 1—2, 47—71, *1924*. 3) Очерк геоморфологии Кавказа, ч. I. Тр. Научн. Иссл. Инст. Геогр., Москва, *1926*. 4) В Балкарии. „Землев.“, в. 1—2, 25—51, *1925*. 5) Из поездок по верхней Кубани Там же, кн. 3, 1—36, *1914*. 6) Очерки Армянского нагорья. „Землев.“, в. 1—2, *1927*.

55) Friederichsen, M. Russisch Armenien und der Ararat. „Mitt. Geogr. Ges.“, Hamburg, **16**, *1900*.

56) Futterer, K. Vergleichende Charakteristik des Ural und des Kaukasus. Verh. Ges. Erdk. Berlin, **23**, 229—244, *1896*.

57) Martel, E. La côte d'Azur Russe (Riviera du Caucase). Paris, 385 стр., *1910*.

58) Merzbacher, G. Aus den Hochregionen des Kaukasus. 2 тома, Leipzig, *1901*.

59) Oestreich, K. Der Kaukasus. Morphologie und Glazialismus nach M. v. Dechy. „Pet. Mitt.“, 40—46, *1909*.

60) Oswald, F. Armenien. Handbuch d. reg. Geol., V Abt. 3, Heidelberg, *1912*.

61) Sjögren, H. Transverse valleys in the Eastern Caucasus. „Geol. Mag.“, 392—403, *1891*.

62) Stahl, A. Kaukasus. Handb. d. reg. Geol., V, Abt. 5, Heidelberg, *1923*.

63) Toula, F. Eine geologische Reise in das südliche Randgebirge der Taurischen Halbinsel. „Ztschr. d. d. Geol. Ges.“, **49**, 384—416, *1897*.

4. Туркестан и Туркмения

64) Андрусов, Н. Материалы для геологии Закаспийской обл. Тр. Ар. Касп. Эксп., в. VII и VIII, *1905* и *1915*.

65) Баярунас, М. Безотточные впадины южного Манглышлака. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, **53**, 1—44, *1917*.

66) Берг, Л. Аральское море. Опыт физико-географической монографии. „Изв. Турк. Отд. Р. Геогр. О-ва“, V, *1908*.

67) Гельмерсен, Г. Очерк геологии и физической географии Арало-Каспийской низменности. „Горн. Журн.“, IV, *1879*.

68) Иванов, Д. Путешествие на Памир. Орографический очерк Памира. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, в. 3, 209—267, *1884*.

69) Ивченко, А. К морфологии морей барханов. Еж. Геол. и Мин. Р. XII, 239—248, *1910*.

70) Масальский, В. Туркестанский край. Россия, изд. Девриена, XIX, *1913*.

71) Мефферт, Б. Очерки северного Прибалхашья и побережий западного Балхаша. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, 48, 23—66, *1912*.

72) Миддендорф, А. Очерки Ферганской долины. „Изд. Ак. Наук“, *1882*.

73) Мушкетов, Д. 1) Восточная Фергана. „Изв. Геол. Ком.“, **30**, № 10, 791—845, *1911*. 2) Чиль-устун и Чиль-майрам. Тр. Геол. Ком. Н. С., в. 100, *1915*. 3) О связи Тянь-шаня с Памиро-Алаем. Мат. общ. и прикл. геол., в. 10, *1919*.

74) Мушкетов, И. Туркестан, I, *1886* (2-е изд. первой части *1915*); II, *1906*.

75) Нацкий, А. Заметка о Каракумских впадинах. „Геол. Вестн.“, № 5—6, *1916*.

76) Неуструев, С., Доленко, Г., Таганцев, В. Об естественных условиях южной Ферганы. Ташкент, *1915*.

77) Обручев, В. Закаспийская низменность. „Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр.“, XX, № 2, *1890*.

78) Открытие речных русел на древнем плато в центре Закаспийской обл. с дюнами и террасами. „Изв. Турк. отд. Р. Геогр. О-ва“, X, в. 1, *1914*; „Изв. Кавк. отд. Р. Геогр. О-ва“, XXII, в. 1, *1913*.

79) Рябинин, А. По Прикаспийским степям и Устьюрту от р. Урала до устья р. Аму-Дарьи. „Горн. Журн.“, I, *1905*.

80) Северцов, Н. Орографический очерк Памирской горной системы. „Зап. Р. Геогр. О-ва по общ. геогр.“, XIII, *1886*.

81) Спиридонов, М. Физико-географическое описание ЮВ части песков Кизыл-Кумы. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, в. 1, 101—120, *1918*.

82) Щукин, И. Поездка в горы Наманганского уезда. „Землев.“, кн. 1—2, 19—53, *1915*.

83) Beckwith, R. A faulted peneplane in Fergana; a review and discussion „Journ. Geol.“, № 7, *1928*.

83a) Davis, W. A flat-topped range in the Tian-shan. Appalachia, X, 277—284, *1904*.

84) Friederichsen, M. 1) Morphologie des Tien-schan. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin“, **34**, *1899*. 2) Peneplain-bildung im Zentralen Tiën-schan? „Pet. Mitt.“. *1904*. 3) Forschungsreise in den Zentralen Tiën-schan und Dsungarischen Alatau. „Mitt. Geogr. Ges. Hamburg“, XX, *1904*. 4) Neue Beiträge zur Morphologie des Tiën-schan. „Pet. Mitt.“, № 3, *1906*.

85) Gröber, P. Der südliche Tien-schan. Geogr. Abh. v. Penck, X, H. 1. *1914*.

86) Huntington, E. 1) The mountains of Turkistan. „Geogr. Journ.“, **25**, 22—40, 139—158, *1905*. 2) The rivers of Chinese Turkistan and the dessication of Asia. Там же. **28**, *1906*.

87) Klebelsberg, R. Beiträge zur Geologie West-Turkestans. Innsbruck, 488 стр., *1922*.

88) Machatschek, F. 1) Ergebnisse einer Forschungsreise im Tien-schan. „Mitt. Geogr. Ges. Wien“, 55, 107—127, *1912*; 58, 358—359, *1915*. 2) Der westlichste Tien-schan. „Pet. Mitt.“, Erg. heft № 176, 141 стр., *1912*. 3) Aus Russisch-Turkestan. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin“, №№ 3 и 4, *1915*. 4) Landeskunde von Russisch-Turkestan. Stuttgart, 348 стр., *1921*. 5) Zur physiographischen Entwickelung Zentral-asiens in der Quartärperiode. „Geogr. Ztschr.“, **20**, 368—383, *1914*.

89) Martonne. L'évolution du relief de l'Asie Centrale. „La Géogr.“, *1911*.

90) Merzbacher, G. 1) Der Tian-schan oder das Himmelsgebirge. Innsbruck, *1906*. 2) Die Physiographie des Tian-schan. „Geogr. Ztschr.“, **19**, *1913*.

91) Prinz, G. Beiträge zur Morphologie des Kuldschaer Nan-schan. „Mitt. Geogr. Ges. Wien“, H. 2—3, 154—195, *1910*.

92) Pumpelly, R., Davis, W., Huntingon, E. 1) Explorations in Turkestan. Washington, Carnegie Inst. Publ., 324 стр., *1905* (касается также Туркмении и Вост. Персии). 2) Expedition of 1904, 2 vols. *1908*.

93) Rickmers, R. The duab of Turkestan. Cambridge, 564 стр., *1913*.

94) Schultz, A. 1) Landeskundliche Forschungen im Pamir. Hamburg, 231 стр., *1916*. 2) Die natürlichen Landschaften von Russisch-Turkestan. Hamburg, 66 стр., *1920*. 3) Morphologische Probleme der Hochwüsten Zentralasiens. „Pet. Mitt.“, № 7—8, 167—172, *1924*. 4) Aride Einebnung im Pamir. Geol. Charakt. bilder, H. 33, Berlin, *1927*.

5. Сибирь

95) Берг, Л. Опыт разделения Сибири и Туркестана на ландшафтные и морфологические области. Сборник 75-летия Анучина, 117—151. Москва, *1913*.

96) Городков, Б. Западно-Сибирская экспедиция Ак. Наук и Р. Геогр. О-ва. „Природа“, № 7—12, *1924*.

97) Григорьев, А. 1) Геология, рельеф и почвы СЗ части Ленско-Алданского плато и хр. Верхоянского. Мат. Ком. Изуч. ЯАССР, в. 4. Изд. Ак. Наук, *1926*. 2) Геоморфологический очерк Якутии. Сборн. „Якутия“, Л. *1927*.

98) Житков, Б. Полуостров Ямал. „Зап. Р. Геогр. Общ. по общ. геогр.“, **49**, *1913*.

98a) Коржинский, Д. С. Происхождение мелкосопочника и озер Киргизской степи. „Природа“, № 7—8, *1929* (дополнения В. Обручева там же, № 1, *1930*).

99) Крашенинников, И. 1) К характеристике ландшафтов Вост. Забайкалья. „Землев.“, кн. 1—2, 64—168, *1913*. 2) Киргизские степи, как объект ботанико-географического анализа и синтеза. Изв. Гл. Бот. сада, XXII, 1, 22—55, *1923*.

99а) Ламакины, Н. В. и В. В. Географические исследования в Вост. Саянах в 1927 г. Тр. Геогр. Инст. ФМФак 1 МГУ. М. *1928*.

100) Неуструев, С. О географических циклах и Зап. Сибири в послетретичное время. „Почвовед.“, кн. 4, *1925*.

101) Обручев, В. 1) Алтайские этюды, I, II. „Землев.“, кн. 4, *1914*, кн. 3, *1915*. 2) Юные движения на древнем темени Азии. „Природа“, № 8—9, *1922*. 3) Селенгинская Даурия. Геол. иссл. и разв. раб. по Сиб. ж. д., в. XXII, *1914* и новое сокращенное издание, Л. *1928*.

101а) Павловский, Е. В. К геоморфологии долины верхнего течения р. Лены и нижнего течения р. Витима. „Геол. Вестн.“, VII, № 1—3, *1929*.

102) Полевой, П. Анадырский край, ч. I. Тр. Геол. Ком. Н. С., в. 140, *1915*.

102а) Сапожников, В. В. 1) По Алтаю. Изв. Томск. Унив., *1897*. 2) Катунь и ее истоки. Там же *1901*. 3) Пути по русскому Алтаю. 2-е изд. Новосибирск, *1926*.

103) Сперанский, Б. Материалы для геологии Горловского каменноугольного бассейна. В. I, Орогеологический очерк. „Изв. Сиб. Отд. Геол. Ком.“, III, в. 6, *1924* (стр. 21—40, геоморфология).

104) Тетяев, М. Северо-западное Прибайкалье. Бассейн р. Тыи. Область с. Горемыки. Тр. Геол. Ком. Н. С., в. 108 и 126, *1915* и *1916*.

105) Тихонович. Н., Полевой, П. Геоморфологический очерк Русского Сахалина. Тр. Геол. Ком., Н. С., в. 120, *1915*.

106) Толмачев, И. Формы поверхности и строения земной коры в пределах Зап.-Сибири. Россия, изд. Девриена, XVI, *1907*.

107) Седельников, А. Формы поверхности и строение земной коры в пределах Киргизского края. Россия, изд. Девриена, XVIII, *1903*.

108) Эдельштейн, Р. Геологический очерк Западно-Сибирской равнины. „Изв. Зап.-Сиб. Отд. Р. Геогр. О-ва“, V, 1—76, *1925-26*.

109) Fickeler, P. Der Altai. Eine Phisiogeographie. „Pet. Mitt.“, Erg. heft № 187, *1925*.

110) Granö, I. Les formes du relief de l'Altaï Russe et leur genèse. Fennia, 40, № 2, 115 стр., *1917*.

111) Hausen, H. Outline of the physiographical development of the northern part of the Sinosiberian continental area. CR Congr. Céol. Int. XIII, f. 2, 1111—1121. Liège, *1925*.

112) Johansen, H. Der Baikalsee. Physiographischer und biogeographischer Ueberblick. „Mitt. Geogr. Ges. München“, XVIII, H. 1, *1925*.

113) Obrutschew, W. Geologie von Sibirien, Berlin, 573 стр., *1926*.

113а) Pohle, R. Beiträge zur Kenntnis der westsibirischen Tiefebene. „Ztschr. d. Ges. f. Erdk.“, Berlin, № 1—2, *1918*, № 9—10, *1919*.

114) Schultz, A. Sibirien. Eine Landeskunde, Breslau, 212 стр., *1923*.

6. Центральная Азия и Китай

115) Богданович, К. Геологические исследования в Вост. Туркестане. Тр. Тиб. Эксп., ч. II, *1892*. Изд. Р. Геогр. О-ва.

116) Грум-Гржимайло, Г. Западная Монголия и Урянхай, т. I. СПБ., *1914*.

117) Обручев, В. 1) Орография Центр. Азии и ее юго-восточной окраины. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, 31, 253—344, *1895*. 2) Центр. Азия, Сев. Китай и Нань-шань. „Изд. Р. Геогр. О-ва“, 2 тома, *1900-01*. 3) Пограничная Джунгария, т. I. Прил. к Изв. Томск. Техн. Инст. за *1912-14*. 4) Ворота в Китай. „Изв. Р. Геогр. О-ва“, *1915*.

118) Позднеев, Д. Описание Манчжурии. Изд. Мин. Фин. 2 тома, *1897*.

119) Сапожников, В. Монгольский Алтай в истоках Иртыша и Кобдо. Изв. Томск. Унив., *1911*.

120) Berkey, C., Morris, F. 1) Basin structures in Mongolia. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., LI, 103—127, *1924* 2) Structural elements of the oldrock floor of the Gobi region. Am. Mus. Nov., № 135, *1924*. 3) The peneplanes of Mongolia. Am. Mus. Nov., № 135, *1924*. 4) Geology of Mongolia. II. Am. Mus. of Nat. Hist. N. York, *1927*.

121) Dutreuil de Rhins, I. Mission scientifique dans la Haute Asie 1890—1895. Paris, 3 vol., *1897-98*.

122) Futterer, K. Durch Asien. 3 Bände, Berlin, *1901-11*.

122a) Köhler, G. Der Hwang-ho, eine Physiogeographie. „Pet. Mitt.", Erg. heft № 203. Gotha, *1929*.

123) Kotô, B. Journeys through Korea. Journ. Coll. Science Imp. Univ. Tokyo. XXVI, Art. 2, *1909*.

124) Leuchs, K. Zentralasien. Handb. d. reg. Geol., V, Abt. 7, Heidelberg, *1916*.

125) Loczy, L. Geologische Ergebnisse. Wis. Erg d Reise d. Gr. B. Széchenyi in Ostasien 1877-1880. Bd. I, 307—851, *1893* und Bd. III, 1—28², *1899*.

126) Merzbacher, G. Die Gebirgsgruppe Bogdo-ola im östlichen Tianschan. Abh. Bayr. Ak. Wiss., mat. phys. Kl. XXVII, 5. Abh., München, *1916*.

127) Oestreich, K. Die Täler des nordwestlichen Himalaya. „Pet. Mitt.", Erg heft № 155, *1906*.

128) Richthofen, F. China. Bd. I—V. Berlin, *1877-1911*.

129) Sven Hedin. 1) Die geographisch-wissenschaftlichen Ergebnisse meiner Reisen in Zentralasien 1894-1897. „Pet. Mitt.", Erg. heft № 131, *1900*. 2) Southern Tibet, vol. V. Stockholm, *1917*.

130) Stein, A. 1) Serindia. 4 vol. Oxford, *1921*. 2) Innermost Asia, its geography as a factor in history. „Geogr. Journ.", *1925*.

130a) Tafel, A. Meine Tibetreise. 2 Bde. Berlin, *1914*.

131) Willis, B., Blackwelder, E. Research in China. 3 vol. Publ. Carneg Inst. Washington, *1907*.

7. Западная Европа: Альпы, Карпаты, Балканы

132a) Aigner, A. Die geomorphologischen Probleme am Ostrande der Alpen. „Ztschr. f. Geomorph.", I, H. 1, 29—45, *1925*.

132) Cvijic, I. 1) Morphologische und glaziale Studien aus Bosnien, Hercegovina und Montenegro. Abh. Geogr. Ges. Wien, III, № 2, 85 стр., *1901*. 2) Peneplains und epirogenetische Bewegungen der Südkarpathen. „Pet. Mitt.", 114—116, 240. *1908*. 3) Bildung und Dislozierung der Dinarischen Rumpffläche. Там же, *1909*.

133) Frech, F. Die Gebirgsformen im SW Kärnten und ihre Entstehung. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", 27, 349—395, *1893*.

133a) Fischer, Th. Die Mittelmeerländer Gesammelte Abhandlungen, 2 Bände. Leipzig-Berlin, *1906, 1908*.

134) Futterer, K. Durchbruchstäler in den Süd-Alpen. Там же, 30, 1—93, *1895*.

135) Götzinger, G. 1) Zur Frage des Alters der Oberflächenformen der östlichen Kalkalpen. „Mitt. Geogr. Ges. Wien", 56, H. 1—2, 39—57, *1913*. 2) Geomorphologie der Lunzer Seen und ihres Gebietes. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph., *1912*.

136a) Heim, A. Geologie der Schweiz. 2 Bde. Leipzig, *1917-1918*.

136) Hess, H. Die präglaziale Alpenoberfläche. „Pet. Mitt.", *1913*.

137) Klebelsberg, R. Südtiroler geomorphologische Studien. I. Das mittlere Eisacktal. „Ztschr. d. Ferd.", 3. F., H. 56, 116 стр., Innsbruck, *1912*.

138) Lautensach, H. Die Uebertiefung des Tessingebietes. Morphologische Studie. Geogr. Abh. N. F., H. 1, 156 стр., *1912*.

139) Louis, H. Glazialmorphologische Beobachtungen im Albanischen Epirus. „Ztschr. Ges. Erdk., Berlin", № 9—10, *1926*.

140) Lugeon, M. Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales. Ann. de Géogr. *1901*.

141) Martin, I. Le Jura méridional. Etude de géogr aphie physique spéciale. „Rev. de Géogr.“, IV, 1—219, Paris, *1910.*

142) Martonne, E. Recherches sur l'évolution morphologique des Alpes de Transylvanie. „Rev. de Géogr.“, ann. I, 279 стр., Paris, *1907.*

142a) Nowack, E. Morphogenetische Studien aus Albanien, „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin“, № 3—4, 81—117, *1920.*

143) Richter, E. Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. „Pet. Mitt.“, Erg. heft № 132, *1900.*

144) Sawicki, L. Beiträge zur Morphologie Siebenbürgens. Bull. Ac. Sc. Cra covie, mat. nat. Kl., Ser. A., 130—265, *1912.*

145) Sölch, I. 1) rundfragen der Landformung in den NO Alpen. Geogr. Annal. Stockholm, H. 2, 141—193, *1922.* 2) Die Landformung der Steiermark. Grundzüge einer Morphologie. Graz, *1928.*

146) Staff, H. Zur Morphologie der Präglaziallandschaft in den Westschweizer Alpen. „Ztschr. d. d. geol. Ges.“, 54, Abh., *1912.*

147) Winkler, A. 1) Ueber die Beziehungen zwischen Sedimentation, Tektonik und Morphologie in der jungtertiären Entwicklungsgeschichte der Ostalpen. SB Ak. Wiss. Wien, mat. nat. Kl., 132, H. 9—10, *1924.* 2) Zur geomorphologischen und geologischen Entwicklungsgeschichte der Ostabdachung der Zentralalpen in der Miozänzeit. „Geol. Rundsch.“, 17, H. 1, 3, 4, *1926.*

8. Западная Европа: страны древней структуры.

148) Behrmann, W. Die Oberflächengestaltung des Harzes. Forsch. d. Land. u. Volksk, 20, H. 2, Stuttgart, 101 стр., *1912.*

148a) Baulig, H. Le plateau central de la France et sa bordure méditerranéenne. Etude morphologique. Paris, *1928.*

149) Briquet, A. 1) La pénéplaine du Nord de la France. Ann. Géogr., 205—223, *1908.* 2) Sur la morphologie de la partie médiane et orientale du Massif Central. Там же, *1911.*

150) Bury, H. The denudation of the western end of the Weald. „Quart. Journ.“, 66, 640—692, *1910.*

151) Demangeon, A. Le relief du Limousin. „Ann. de Géogr.“, 19, 120—149, *1910.*

152) Fabre, L. La dissymétrie des vallées et la loi dite de Baer, particulièrement en Gascogne. Там же, 291—316, *1903.*

153) Frech, F. Das französische Zentralplateau. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin“, 24, 132—164, *1889.*

154) Gehne, H. Beiträge zur Morphologie des östlichen Harzes. Diss., Halle, 68 стр., *1911.*

155) Hartung, W. Das Rhöngebirge nach Entstehung und Oberflächengestaltung, Marburg, 207 стр., *1912.*

156) Hauck, F. Morphologie des kristallinen Odenwaldes. Verh. nat.-med. Ver. Heidelberg, N. F., X, H. 3. 236—333, *1909.*

157) Hettner, A. 1) Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächsischen Schweiz. Forsch. z. d. Landesk., II, *1887.* 2) Die deutschen Mittelgebirge. „Geogr. Ztschr.“, *1904.*

157a) Krebs, N. Morphologische Probleme in Unterfranken. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin“, № 7—8, 307—336, *1919.*

157b) Martonne, E. La pénéplaine et les côtes bretonnes. „Ann. Géogr.“ № 81, *1906.*

158) Machatschek, F. Geomorphologische Studien aus dem norwegischen Hochgebirge. Abh. Geogr. Ges. Wien, VII, 61 стр., *1908.*

159) Moscheles, I. Das Alter der Rumpfflächen im Böhmischen Massiv. „Geol. Rundsch.“, 14, H. 3. *1924.*

160) Oestreich, K. Studien über die Oberflächengestaltung des Rheinischen Schiefergebirges. „Pet. Mitt.", 73—78, *1908*, 57—62, *1909*.

161) Penck, A. Geomorphologische Probleme aus NW Schottland. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", 32, 146—191, *1897*.

162) Penck, W. Die Piedmontflächen des südlichen Schwarzwaldes. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", № 3—4, 81—108, *1925*.

163) Richter, E. Geomorphologische Beobachtungen aus Norwegen. SB. Ak. Wiss. Wien, mat. nat. Kl., 105, H. 1, *1896*.

164) Scheu, E. Zur Morphologie der Schwäbisch-fränkischen Stufenlandschaft. Stuttgart, *1910*.

165) Schmitthenner, H. Die Oberflächenformen der Stufenlandschaft zwischen Maas und Mosel. Geogr. Abh. v. Penck, 2 Reihe, H. 1, 89 стр., *1923*.

165a) Stickel, R. Zur Morphologie der Hochflächen des linksrheinischen Schiefergebirges und angrenzender Gebiete. Leipzig, *1927*.

166) Staff, H., Rassmus, H. Zur Morphogenie der Sächsischen Schweiz. „Geol. Rundsch.", II, H. 7, *1911*.

167) Striegel, A. Zur Paläogeographie des Schwarzwaldes. Die Abrasionsfläche als klimatisch-tektonisches Problem des oberen Perm. Frankfurt a. M., 155 стр., *1922*.

167a) Wagner, G. Morphologische Grundfragen im süddeutschen Schichstufenland. Z. d. d. geol. Ges. 79, Abh., *1927*.

168) Wahnschaffe, F. 1) Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 2. Aufl. Stuttgart, 166 стр., *1891*. 2) Geolcgische Landschaftsformen in Norddeutschland. Stuttgart, *1924*.

169) Werth, E. Oberflächenformen der südschwedischen Halbinsel. „Ztschr. f. Gletsch.", VIII, *1914*.

9. Америка, Африка, Австралия

169a) Alden. Physiographic development of the Great plains. Bull. Geol. Soc. Amer., 35, *1924*.

169b) Cotton, C. Geomorphology of New Zealand. Wellington. *1922*.

170) Davis, W. 1) Rivers and valleys of Pennsylvania. Nat. Geogr. Mag., I, *1889*. 2) The mountain ranges of the Great Basin. Bull. Mus. Comp. Zool., 42, *1903*. 3) Der grosse Canon des Colorado-flusses. „Ztschr. Ges. Erdk. Berlin", 164—172, *1909*. 4) The Colorado front-range. A study in phisiographic presentation. Ann. Ass. Amer. Geogr., I' 21—83, *1911*.

170a) Gilbert, G. Studies of basin-range structures. U. S. Geol. Surv., Prof. Pap. № 153. Washington, *1928*.

171) Hayes, W., Campbell, M. Geomorphology of the Southern Appalachians. Nat. Geogr. Mag., Mai, *1894*.

172) Hershey, H. Peneplains of the Ozark highland. „Amer. Geologist" 27' № 1, *1901*.

173) Hill, R. Geography and geology of the Black and Grand prairies, Texas U. S. Geol. Surv., 21 Ann. Rep., 666 стр., *1901*.

174) Jutson, I. Erosion and the resulting land forms in sub-arid Western Australia. including the origin and growth of dry lakes. „Geogr. Journ.", 50, № 6, *1917*.

174a) Kaiser, E. Die Diamantenwüste Südwest-Afrikas. 2 Bde, Berlin, *1926*.

174b) Krenkel, E. Geologie Afrikas. 2 Teile. Berlin, *1925*, *1928*.

174c) Mortensen, H. Der Formenschatz der nordchilenischen Wüste. Abh. Ges. Wiss. Göttingen, mat. phys. Kl., N. F., XII, H. 1. Berlin, *1927*.

175) Obst, E. Das abflusslose Rumpfschollenland im NO Deutsch-Ostafrika. „Mitt. Geogr. Ges. Hamburg", 35, *1923*.

176) Passarge, S. 1) Verwitterung und Abtragung in den Steppen und Wüsten Algeriens. „Geogr. Ztschr.", *1909*. 2) Die Inselberglandschaft der Massaisteppe. „Pet.

Mitt.", H. 9—10, *1923*. 3) Ergebnisse einer Studienreise nach Südtunesien. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, 41. 96—122, *1930*.

177) Penck, W. Der Südrand der Puna de Atacama (NW Argentinien). Abh. math. phys. Kl. Sächs. Ak. Wiss., **37**, № 1, 420 стр., *1920*.

177a) Reed, C. Desert landscapes of northwestern Nevada. Natur. History, **27**, 448—461, *1927*.

178) Reid, I. The geomorphogeny of the Sierra Nevada NE of Lake Tahoe Univ. Calif. Publ. Bull. Dep. Geol., VI, № 5, 89—161. Berkeley, *1911*.

179) Rovereto, G. Studi di geomorfologia argentina. Bull. Soc. Geol. Ital, **30**, **31**, *1911*, *1912*.

180) Spurr, I. Origin and structure of the Basin ranges. Bull. Geol. Soc. Am., XII, 217—270, *1901*.

181) Willis, R. Physiography of the California coast ranges. Bull. Geol. Soc. Am. **36**, № 4, 641—678, *1925*.

10. Мал. Азия, Аравия, Иран, Ост-Индия

182) Blanckenhorn, M. Syrien, Arabien und Mesopotamien. Handbuch d. reg. Geol. V. 4. II. 17. Heidelberg, *1914*.

183) Frech, F. Geologie Kleinasiens im Bereich der Bagdadbahn. Z. d. d. Geol. Ges., **68**, Berlin, *1916*.

184) Musil, A. 1) Arabia deserta. 2) The northern Hegâz, New-York, *1927*.

185) Philippson, A. 1) Kleinasien. Handbuch d. reg. Geol., V, 2, H. 22, Heidelberg, *1918*. 2) Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien. 5 Teile. Gotha, *1910—1915*.

186) Range, P. Die Isthmuswüste und Palästina, Kriegsschauplätze, II, 14, Berlin, *1926*.

187) Stahl, A. F. Persien. Handbuch d. reg. Geol., H. 8, Heidelberg, *1911*.

188) Trinkler, E. Afganistan, eine landeskundliche Studie, „Pet. Mitt.", Erg. heft, Nr 196, *1928*.

189) Wadia, D. Geology of India, London, *1919*.

190) Willis Bailey. Dead sea problem; rift walley or ramp walley. Bull. Am. Geol., 39, Nr 2, *1928*.

С 1925 г. в Берлине издается специальный журнал по геоморфологии „Zeitschrift für Geomorphologie", Gebr. Borntraeger, содержащий много новых работ по этой области.

ГЛАВА XX

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОТЗЫВЫ, КОНСУЛЬТАЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ

Геологические отзывы, в особенности же консультации и экспертизы представляют ответственные задачи, которые должны быть поручаемы только более опытным геологам, так как неправильное или неполное решение их почти всегда влечет за собой более или менее тяжелые последствия — нецелесообразные мероприятия, напрасную затрату времени, труда и средств, преждевременное закрытие рудника или прекращение разведки или, наоборот, продолжение эксплоатации убыточного горного предприятия и т. п. При существовании частной собственности на земные недра к экспертизам прибегают в случае сдачи в аренду или продажи какого-либо прииска, рудника, и задачей экс-

перта является справедливая оценка дела. Но и в условиях социалистического строя экспертиза нужна нередко, напр., для выяснения причин убыточности, решения вопроса о продолжении или прекращении дела, о необходимых мероприятиях по разведке и эксплоатации и т. д. Условия возведения всевозможных крупных сооружений и неудача такового также представляют многочисленные и разнообразные случаи применения геологической консультации и экспертизы.

Решение предлагаемых вопросов требует, в зависимости от их сложности, большей или меньшей опытности геолога. Конечно и опытный геолог не застрахован от ошибок, даже при самом внимательном и осторожном отношении к делу, так как они могут быть обусловлены несовершенством науки или непредвидимыми обстоятельствами; но для малоопытного к этим условиям присоединяется еще то, что он не всегда в состоянии правильно оценить те или иные факты и явления, не всегда еще может быстро разобраться в более сложных вопросах.

Но нужна ли в таком случае эта глава, если неопытному геологу поручать рассматриваемые вопросы нельзя? Опытный геолог ведь сам знает, что ему нужно сделать. Я полагаю, что она все-таки будет полезна. Во первых, и опытный геолог, приступая впервые к той или другой более сложной задаче, испытывает известные затруднения и может упустить что-нибудь при ее разрешении, так что указания более опытных людей будут не бесполезны. Во вторых, в провинции, где опытного эксперта обыкновенно найти нельзя, любой геолог может быть призван к решению того или иного срочного вопроса, напр., при какой-нибудь катастрофе, и для него настоящая глава будет уже совершенно необходима.

Геологические отзывы представляют письменную работу, темой которой является рассмотрение трудов — печатных или рукописных — другого лица, представленных на какой-либо конкурс или же касающихся какого-либо месторождения, предприятия и отдельного вопроса. В первом случае это будет р е ц е н з и я—оценка трудов со стороны их научности. В рецензии излагается вкратце содержание трудов в хронологической последовательности и указываются достоинства и недостатки каждого из них; хронологический порядок нужен потому, что при этом хорошо прослеживается постепенное развитие и совершенствование научной мысли автора, которое может идти быстрее или медленнее; в иных случаях можно заметить даже регресс и постараться выяснить его причины. Составляя обстоятельную рецензию необходимо справляться с литературой по данному вопросу (если она недостаточно знакома рецензенту), чтобы выяснить себе, дает ли рассматриваемый труд что либо новое и что именно, знаком ли автор с литературой и пользуется ли ею правильно, напр., в изложении прежних данных и мыслей, в цитатах; может случиться, что автор только повторяет то, что давно уже сделано другими, а сам не вносит ничего, или почти ничего нового. В заключение дается общая оценка данного лица как исследователя или мыслителя с указанием, достоин ли он того звания или назначения,

которое составляет предмет конкурса. Обязанность рецензента—объективность; он может совершенно расходиться с автором в отношении истолкования тех или иных фактов, явлений, процессов, может считать другую гипотезу более правильной, но если в ходе мыслей рецензируемого нет грубых промахов или пробелов—нельзя их опорачивать или отвергать только потому, что рецензент придерживается других взглядов. Мы знаем в науке не мало примеров, что толкования, идеи, гипотезы, казавшиеся при первом появлении неправильными, постепенно приобретали все больше сторонников и в конце концов становились господствующими. Особенно нужна объективность при оценке нескольких конкурирующих лиц, так как приходится сравнивать их достоинства и недостатки и выбор лучшего часто является трудным.

Если рассматриваемый труд представляет отчет об изучении какого-либо предприятия, дела или отдельного вопроса с его оценкой или указанием тех или иных мероприятий, то задачей лица, на заключение которого этот труд передан, является беспристрастное исследование насколько полно и тщательно выполнена работа, не упущены ли автором те или иные данные или обстоятельства, правильно ли оценены и сопоставлены все факты и наблюдения, правильны ли выводы, насколько целесообразны предлагаемые мероприятия, не следует ли на основании собранных данных предложить что-нибудь иное или же необходимы дополнительные исследования. И в этом случае часто необходима проверка наблюдений и выводов автора по литературным источникам, а иногда в итоге изучения выясняется необходимость личного исследования данного вопроса на месте или посылки другого лица, более компетентного. Такая работа представляет геологический о т з ы в и естественно, что она должна быть поручаема лицу во всяком случае не менее опытному, чем то, которое составляло рассматриваемый отчет.

Геологическая консультация может быть временной или постоянной. В первом случае геологу поручается рассмотрение какого-либо определенного дела или вопроса, напр., имеющихся данных о каком-либо месторождении, с целью составления плана предварительной или детальной разведки; сведений о геологическом строении местности в районе предполагаемой силовой станции с целью выяснения правильности выбора места для барража, достаточности геологических данных для этого и т. п. Весьма часты в последние годы были заявления разных лиц, подаваемые в самые разнообразные учреждения, об открытии или нахождении тех или иных полезных ископаемых в определенной местности и требования немедленной присылки геологов для исследования или даже разведки. Приходилось решать на основании литературных данных возможно ли вообще нахождение указываемого ископаемого в этой местности, не имеются ли уже сведения о нем, не производились ли уже разведки с теми или иными результатами, не нужны ли дополнительные данные от заявителя или от местных учреждений. Материал для ответа на подобные запросы в наиболее полном виде имеется в Бюро Учета Геологического Комитета и его отделений; но в иных случаях в провин-

ции и при особенной спешности геологу придется самому давать ответ, хотя бы предварительный, в том или ином смысле, руководствуясь существующей литературой.

Посторонняя геологическая консультация необходима всем учреждениям (ведомствам, трестам), деятельность которых так или иначе касается земной поверхности или недр. Вопросы колонизации, орошения и осушения земель, водоснабжения, сооружения силовых станций, железных дорог, мостов, каналов, портов, тяжелых зданий и всякого рода разведки и разработки полезных ископаемых не должны обходиться без того или иного участия геолога. Расходы на консультацию всегда окупаются предотвращением неправильных или ненужных работ, целесообразным и экономным ведением дела, правильным выбором места сооружения, правильным составлением плана мероприятий и т. д. Консультант должен быть выбран соответствующей специальности и должен быть хорошо знаком теоретически и практически с предстоящими ему задачами, следить за литературой вопроса и своевременно давать соответствующие советы и указания, нередко с периодическими выездами на место предприятия или сооружения для личного осмотра и исследования. В его задачу входит, конечно, и общее руководство работой постоянных геологов, если таковые имеются в данном учреждении, оценка их отчетов, составление заключений, планов, программ и т. п.

Геологическая служба в предприятиях. Кроме консультанта крупные горные предприятия, а также учреждения, ведущие работы по орошению, осушению или постройке гидросиловых станций, должны иметь на службе постоянного геолога или геологов, в задачи которых входит производство детальных исследований на месте. Функции геолога или геологического отдела горного предприятия можно формулировать так:

1) Систематическое и детальное изучение разрабатываемого месторождения (или месторождений) посредством периодического посещения всех забоев для их осмотра, обмера, опробования и составления геологических документов (как указано в главе XVI).

2) Составление плана разведочных работ и руководство таковыми.

3) Обработка собираемых материалов и составление геологической карты, продольных и поперечных профилей месторождения на основании маркшейдерских планов.

4) Хранение коллекций и всех плановых материалов и инструментов для геологических, разведочных и топографических работ.

В состав отдела, в зависимости от размеров предприятия (один или несколько рудников, приисков в одном месте или разбросанно, большого или малого протяжения и глубины и т. д.), должны входить один или несколько геологов, затем техники, чертежники, буровые мастера и пр.

Геолог должен знать в деталях месторождение, чтобы правильно намечать разведочные работы и в случае каких либо нарушений вести поиски потерянной части с наименьшими затратами времени и средств. Особенно важно хорошее знакомство со всеми индивидуальными чертами в случае рудных месторождений, наиболее капризных, с неравно-

мерным распределением богатых и убогих участков и обыкновенно в большей или меньшей степени подвергавшихся нарушениям в виде сбросов, взбросов и сдвигов. Постоянное и правильное геологическое наблюдение гарантирует от всяких неожиданностей и позволяет вести разведки наиболее быстро и экономно. Крайне желательно, чтобы подробные описания месторождения, составленные геологическим отделом, издавались в виде монографий, к которым время от времени можно выпускать дополнения, характеризующие вновь открытые части месторождения по простиранию и падению. Только таким способом мы получим со временем богатый материал по русским месторождениям, которые в настоящее время в большинстве случаев изучены и описаны крайне неудовлетворительно. При частной собственности владельцы предприятий считали все подобные сведения коммерческой тайной, разглашение которой может повредить делу, напр., падением курса акций; кроме того, они не были заинтересованы в опубликовании данных и не желали тратить на это средства. Но при государственной собственности вопрос стоит иначе и государство, наоборот, заинтересовано в том, чтобы научные материалы публиковались, так как они имеют и большое практическое значение для организации аналогичных предприятий, правильной постановки работ и своевременного контроля. Все материалы по закрытым или законченным предприятиям—коллекции, планы, разрезы, рисунки забоев и пр.—должны сдаваться в архив Геологического Комитета. Весьма полезна также постоянная связь геологического отдела предприятия с Геологическим Комитетом, командировка геологов в последний для докладов и критики в кругу специалистов, для помощи в обработке материалов и расширения их кругозора ознакомлением с новой литературой, посещением съездов и заседаний научных обществ. Большую пользу приносила бы командировка геологов для осмотра аналогичных предприятий в Союзе и за границей. Подробное описание организации геолого-разведочной службы в Красноуральском медеплавильном предприятии дает Замятин, а идеальную постановку этой службы в американском масштабе в компании Анаконда в общих чертах рисует Альбов (см. список, №№ 1 и 3).

Геологическая экспертиза может иметь очень разнообразные задачи, более или менее сложные, как то: определение причин оползня, обвала, осадки или разрушения какого либо здания и иного сооружения, образования трещин и других повреждений в креплении тоннеля или в барраже, прорыва воды в подземные выработки, утечки воды из водосборного бассейна или заиления последнего и т. п., причем от эксперта требуется и указание тех мероприятий, которые необходимы для устранения вредных последствий данного явления, для предотвращения его дальнейшего развития или повторения. Вторую группу задач дают горные предприятия: оценка какого либо месторождения полезного ископаемого в отношении его благонадежности; выяснение причин обеднения месторождения или изменения его состава; определение правильности произведенных разведочных работ и оценки их результатов, указание необхо-

димых работ и мероприятий для выяснения запасов месторождения и т. д. При существовании частной собственности на недра экспертиза производилась обыкновенно перед покупкой или взятием в аренду какого либо месторождения с целью определения его благонадежности, степени разведанности и запасов, оценки существующих устройств—штолен, шахт, обогатительных фабрик, промывальных машин и т. д., и всего инвентаря. В настоящее время подобная экспертиза может понадобиться при сдаче какого либо предприятия в концессию или при приеме его от концессионера, при передаче предприятия из одного треста в другой, при ревизии деятельности треста, напр., в случае ее убыточности и т. п.

В зависимости от сложности и от характера предлагаемых задач эксперт должен быть той или иной специальности и опытности; в случае более сложных вопросов часто приглашаются несколько экспертов разных специальностей, каждый с определенными задачами, напр., один для оценки методов разработки или устройств, машин и сооружений, другой для опробования, третий для выяснения генезиса месторождения, распределения богатых частей, причин обеднения и т. д. В зависимости от сложности задач, экспертиза требует более или менее продолжительного времени для подготовительных работ, изучения на месте и составления заключения. Изучение на месте может потребовать производства тех или иных разъедочных или дополнительных работ, контрольных наблюдений и измерений, т. е. может затянуться надолго, и эксперту придется выезжать на место не один раз, прежде чем он сочтет свою задачу выполненной.

Подготовительная работа при экспертизе состоит в изучении литературных или письменных материалов, касающихся данного вопроса, предприятия или явления, старых отчетов, архивных дел и коллекций в центре и на месте; она необходима для того, чтобы эксперт, приступая к изучению вопроса на месте, был вполне подготовлен к этому и наметил себе заранее определенную программу действий и наблюдений. По окончании подготовительной работы эксперт производит общий предварительный осмотр местности (оползня, обвала, рудника и т. д.), намечая главные пункты и методы исследования и внося необходимые изменения и дополнения в свою предварительную программу. Затем он приступает к детальному изучению местности или работ с подробной записью наблюдений, указывая при этом какие меры, в виде канав, шурфов, скважин, расчисток, удаления крепи и т. п., должны быть немедленно произведены и осматривая те же места во время исполнения этих работ и после их окончания. Если ведется опробование забоев, то взятые пробы немедленно сдаются в местную лабораторию, а контрольные посылаются в другую, напр., в центр, для параллельного анализа. В месторождениях полезных ископаемых особенное внимание обращается на все нарушения залегания и на выяснение причин ненахождения смещенных частей, если таковое имело место. В рудных месторождениях необходимо выяснить, углубились ли работы в зону первичных руд и насколько, каково было содержание руды в зонах окисления и цементации так как на зависимость содержания от зон глубины руководители пред-

приятий часто совершенно не обращали внимания, в особенности в прежнее время.

По окончании исследования на месте и получении результатов дополнительных работ и опробования эксперт обрабатывает собранные материалы и составляет свое заключение. Последнее не должно представлять целую геологическую монографию с описанием всех осмотренных обнажений, забоев, подробной макро- и микроскопической характеристикой горных пород. Все эти данные могут быть опубликованы отдельно, если вносят что либо новое в науку. Заключение должно дать определенный ответ на вопросы, поставленные эксперту, и геологические данные уместны в нем только в количестве, необходимом для мотивировки и для доказательства тех или иных выводов. Заключение преследует практические цели и не должно быть загромождено ненужными подробностями; оно должно быть изложено по возможности коротко и понятно, так как назначено и для неспециалистов. Рисунки, разрезы, планы, поясняющие текст, результаты опробований, анализов, испытаний должны быть к нему приложены.

От эксперта, кроме опытности и добросовестности, требуется еще беспристрастие и независимость суждений. Его задача—полное выяснение истины, поскольку это возможно в наличных условиях; поэтому он не должен в угоду тем или иным заинтересованным лицам или учреждениям замалчивать или смягчать замеченные им в деле упущения, промахи, неправильности, но не должен также преувеличивать их значение; он не является судебным следователем, т. е. в его задачу входит не обнаружение виновных, а определение всех обстоятельств дела и необходимых дальнейших мероприятий. Но если экспертиза связана с судебным следствием, то эксперту, может быть, придется дать ответ и на вопрос о степени ответственности тех или иных лиц за упущения, промахи, неправильные действия, обусловившие то или иное явление — напр., образование оползня, порчу здания, разрушение барража, потерю рудной жилы, нецелесообразное обогащение руды, убыточную разработку и т. п.

Наконец, геолог может быть призван в качестве эксперта в суд для дачи заключения по какому либо специальному вопросу, напр., относительно качества или происхождения тех или иных строительных материалов или полезных ископаемых, составляющих предмет спора, иска или судебного следствия, относительно ответственности лица или учреждения за убытки, повреждения или смерть, причиненные кому-либо в связи с ведением горного предприятия или возведением сооружения, в связи с осушением или орошением, в связи с какой либо катастрофой и т. п. В подобных случаях ему придется подробно ознакомиться с материалами судебного следствия, участвовать в выездах суда на место происшествия, выслушивать на суде показания обвиняемых и свидетелей, формулировать новые вопросы, которые он сочтет необходимыми для разъяснения дела, предлагать производство дополнительных исследований или получение справок и отзывов специалистов с места, напр., если материал судебного следствия не осветил важные обстоятельства

дела и не позволяет делать определенные выводы. В итоге всех этих действий у эксперта должно сложиться определенное и беспристрастное заключение по данному вопросу в пределах его компетенции, которое он и представляет суду с ясной и точной мотивировкой. Конечно, бывают случаи, когда дело настолько сложно или запутано, что заключение не может быть точным или бесспорным, или же вопрос допускает различные решения, кажущиеся одинаково правдоподобными, что и должно быть указано экспертом. В случае какой либо катастрофы ему придется выяснять могло ли быть предвидено ее наступление. была ли она вызвана только стихийными силами или обусловлена неправильным ведением дела, непринятием предохранительных мер, небрежностью пострадавших, отсутствием или слабостью надзора или руководства и т. д., были ли своевременно приняты меры для остановки развития катастрофы, для ослабления ее губительных последствий. Из всего сказанного ясно, насколько трудна и ответственна роль эксперта в более сложных делах и что часто от него требуются не только знания и опытность, но и большая выдержка, находчивость и проницательность, чтобы выяснить истину.

Главнейшая литература

1) Альбов, М. Н. Организация геолого-разведочной службы в медной компании Анаконда. „Цветные Металлы“, № 2, 288—292, *1930*.

2) Болдырев, А. К. Организация геолого-разведочного дела в горных предприятиях. „Горн. Журн.“, № 10, 812—816, *1925*.

3) Замятин, П. М. Организация геолого-разведочной службы при управлении строительства Красноуральского медеплавильного предприятия. „Мин. Сырье“, № 8, 919—936, *1929*.

4) Котульский, В. К. Геологическая служба в горных предприятиях. „Горн. Журн.“, № 3, 149—151, *1925*.

БИБЛИОТЕКА
Геологического Ин-та
Арм. Фил. Ак. Наук СССР

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие к 3-му изданию 3
Предисловие ко 2-му изданию 4
Предисловие к 1-му изданию 6

ГЛАВА XI. Изучение деятельности подземчых вод. Смещение твердых и рыхлых масс. Движение делювия. Оползни рыхлых масс. Оползни коренных пород. Естественные и искусственные причины оползней. Предохранительные и защитительные меры. Задачи геолога. Обвалы. Провалы. Карстовые явления. Пещеры. Литература 9

ГЛАВА XII. Изучение деятельности проточных вод. Смывание. Овраги и борьба с ними. Грязевые потоки, сили, конусы, выноса. Речные долины, их направление и форма. Задачи исследования. Эпигенетические участки. Перенос и отложение. Отмели и острова. Речные террасы, их значение и исследование. Деятельность речного льда. Наледи. Литература 33

ГЛАВА XIII. Изучение деятельности стоячих вод. Озера, их типы и области. Питание, берега. Озерные осадки. Стадии развития. Признаки усыхания и переполнения. Древние озера. Работа прибоя на крутых и отлогих берегах. Дельты. Эстуарии. Бары. Лагуны. Лиманы. Соляные озера. Солончаки, шоры и такыры. Острова. Признаки изменения морского уровня. Болота, их зарастание. Программа исследования болот. Озерный и морской лед. Литература 65

ГЛАВА XIV. Изучение явлений и продуктов выветривания. Признаки выветривания механического, химического и органического. Общие результаты. Нагорные террасы. Каменные моря, реки. Каменные панцыри. Пустынные корки. Почва и климатические типы почв. Лёсс и лёссовидные породы. Атмосферная пыль. Сыпучие пески. Наблюдения в барханных, бугристых и дюнных песках, в песчаной степи. Пески грядовые и кучевые. Бугры насыпания и развевания. Закрепление песков. Литература 99

ГЛАВА XV. Наблюдения над ледниками, следами оледенения и вечной мерзлотой. Щебневые валы. Лэвины. Изучение современных ледников и его задачи. Быстрота наступания, отступания и движения. Признаки древнего оледенения в горах, выраженные в формах рельефа и в отложениях. Признаки древнего оледенения на равнинах. Определение границ, характера и множественности оледенения. Фиорды и шхеры. Вечная мерзлота, ее границы и условия образования, влияние на рельеф, растительность и режим рек. Почвенный лед. Мертвые ледники. Структурная почва и каменные многоугольники. Литература 135

ГЛАВА XVI. Поиски месторождений полезных ископаемых. Общие замечания. Минерогенетические эпохи и провинции. Признаки полезных ископаемых на земной поверхности: рельеф, окраска, источники, растения, обломки выветривания, характер коренных пород. Геофизические методы поисков. Выяснение условий предварительной разведки. Геологическая документация при разведке и разработке. Литература 183

ГЛАВА XVII. Геологические исследования в связи с инженерными работами. Горные породы как строительные материалы. Цементы. Определение устойчивости грунта. Исследования при постройке путей сообщения: общие задачи; устойчивость горных пород в выемках; переходы через болота; переходы через реки; оползни, осыпи, конусы выноса, пучины; строительные материалы; водоснабжение; проведение туннелей. Гидротехнические сооружения: регулирование рек; защита берегов; морские порты; водохранилища; сборный бассейн, бараж, каналы. Инженерные работы в условиях вечной мерзлоты. Литература . . . 208

ГЛАВА XVIII. Применение геологии в военном деле. Особенности современной войны. Возведение окопов в разных грунтах. Подземные помещения. Минные галлереи. Пещеры. Склады снарядов. Прокладка кабелей и проводов. Борьба с ядовитыми газами. Аэродромы. Установка тяжелых орудий и машин. Сооружения в болотах. Защита от танков. Оценка позиций противника. Осушение позиций. Водоснабжение. Затопление и осушение местности. Канализация. Кладбища. Литература 250

ГЛАВА XIX. Геоморфологические наблюдения. Задачи геоморфологии. Схема Дэвиса и положения Пенка. Программа наблюдений. Формы рельефа. Равнины и почти-равнины. Равнины подножия. Горные хребты и страны. Глубина расчленения. Долины, ширина дна, крутизна склонов. Уступы. Густота сети. Висячие долины. Останцы. Мелкосопочник. Особенности развития рельефа: циклы плювиальный, глациальный и пустынный. Формы берегов, карстовые и вулканические. Признаки оживления эрозии. Признаки изменения климата. Новые достижения. Геоморфологические карты. Литература 269

ГЛАВА XX. Геологические отзывы, консультации и экспертизы. Общие задачи. Геологические рецензии и отзывы. Геологические консультации временные и постоянные. Геологическая служба в предприятиях. Геологическая экспертиза. Литература 308

133