

Я. С. ЭДЕЛЬШТЕЙН

# ОСНОВЫ ГЕОМОРФОЛОГИИ



ГОСГЕОЛИЗДАТ • 1947

Проф. Я. С. ЭДЕЛЬШТЕЙН

551.4  
Э-19

# ОСНОВЫ ГЕОМОРФОЛОГИИ

КРАТКИЙ КУРС

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

8245  
«Допущено Министерством высшего образования  
СССР в качестве учебного пособия для  
геолого-разведочных институтов и геологических  
специальностей ВУЗов»



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МИНИСТЕРСТВА ГЕОЛОГИИ СССР  
МОСКВА 1947 ЛЕНИНГРАД

Книга проф. Я. С. Эдельштейна „Основы геоморфологии“ представляет краткий, не претендующий на исчерпывающую полноту курс, вводящий читателя в геоморфологию.

При почти полном отсутствии на русском языке сведений работ в этой области, если не считать книги проф. Щукина „Морфология суши“ и перевода соответственной части книги проф. Демартона, эта книга явится весьма полезным учебным руководством для географических факультетов, университетов и пед-институтов.

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Настоящий курс представляет переработанное и значительно дополненное издание выпущенного несколько лет назад издательством Кубуч в литографированном виде краткого учебника «Введение в геоморфологию», полностью разошедшегося вскоре после опубликования.

Учитывая пожелания и замечания ряда лиц, автор внес правки и дополнения во многие главы, особенно в те, которые касаются речных и прибрежно-морских террас. Кроме того, прибавлено несколько новых глав.

Цель настоящего руководства остается прежней: она заключается в том, чтобы ввести учащихся в сущность содержания и задач геоморфологической науки и затем в общих чертах ознакомить их с наиболее важными категориями форм земной поверхности.

В соответствии со сказанным первые главы посвящены общим вопросам, а именно: определению содержания и задач геоморфологической науки, ее практическому значению, методам геоморфологических исследований и геоморфологического картирования и описания, основам морфологической терминологии и принципам геоморфологической классификации. В дальнейших главах дается сжатое описание главнейших категорий форм земной поверхности в свете истолкования их происхождения и развития. Попутно здесь затрагиваются и некоторые фундаментальные вопросы геоморфологии, как, например, значение микрорельефных образований, формирование горных возвышенностей, учение о циклах эрозии, многоярусные горные ландшафты, методика изучения речных и прибрежно-морских террас и т. д. При этом автор главное внимание уделял формам поверхности, которые чаще встречаются на территории СССР. Особые главы посвящены общей морфологии земли и географической (климатической) зональности геоморфологических ландшафтов. Автор сознательно не останавливается в данном курсе на работе эндогенных и экзогенных сил ввиду того, что эти вопросы достаточно освещаются в общих курсах физической геологии и физической географии.

Всем сказанным, в связи с объемом книги, объясняется и даваемое ей заглавие. На роль полного курса геоморфологии она отнюдь не претендует и претендовать не может.

Автор пользуется случаем принести искреннюю благодарность всем своим друзьям и ученикам, кто помог ему советами и предоставлением материалов для иллюстраций, в особенности А. Г. Вологдину, Г. Л. Юдину, В. А. Деметьеву, А. Л. Рейнгарду и многим другим.

Особую благодарность автор выражает проф. Б. Ф. Добрынину за множество сделанных им ценных замечаний как по поводу общего содержания, так и деталей настоящего курса.

Ленинград, сентябрь 1937 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Первое издание «Основ геоморфологии» было выпущено в 1938 г. ограниченным тиражом и в чрезвычайно короткий срок разошлось полностью. За время, истекшее с тех пор, к автору от разных лиц и учреждений неоднократно поступали запросы, когда будет выпущено второе издание. Это показывает, насколько в настоящее время проблемы научного освещения возникновения и развития форм рельефа привлекают к себе пристальное внимание широких кругов исследователей и насколько остро у нас ощущается потребность в руководстве по изучению морфологии поверхности земной и в особенности морфологии нашей страны.

Дополненный и частично переработанный текст «Основ геоморфологии» для второго издания был автором сдан Издательству еще в 1941 г. Но предательское нападение фашистской Германии на Советский Союз и вспыхнувшая Великая Отечественная война помешали его опубликованию, и только теперь является возможность сделать это. Между тем научная литература по геоморфологии за годы, прошедшие со времени первого издания, увеличилась чрезвычайно как за рубежом, так и в особенности в нашей стране.

Ряд коренных проблем геоморфологии получил новое освещение, выдвинулись на первый план новые вопросы и задачи, были исследованы с геоморфологической стороны многие области, о которых ранее не имелось достаточно достоверных данных. Использовать полностью эту обширную новую литературу для того, чтобы охватить хотя бы главнейшие ее результаты в настоящем курсе, представлялось почти невозможным, в особенности по причине крайне затрудненного опубликования новых работ, многие из которых хранятся в мало доступных фондах различных учреждений, а с другой стороны по причине почти полного перерыва сношений с зарубежными странами. Но в то же время представлялось необходимым переработать с новых точек зрения хотя бы некоторые из частей настоящего руководства. Это и пытался сделать автор в настоящем издании, поскольку он не был стеснен рамками, обусловленными самым характером «Основ геоморфологии» и лимитированным листажом издания. Разумеется, при таких условиях многое пришлось оставить без внимания, вопреки, может быть, личному желанию автора.

Но так как настоящая книга и не претендует на роль полного руководства по геоморфологии, то это обстоятельство является некоторым оправданием указанного дефекта.

После опубликования первого издания разными лицами автору были сделаны критические замечания и отмечены некоторые промахи. Принося всем лицам, сделавшим такие замечания, искреннюю признательность, автор считает своим долгом отметить, что он старался по возможности учесть все то, на что было обращено его внимание, и исправить вкравшиеся ошибки. Но от вынесения некоторых— правда, не исправлений, а дополнений— он сознательно воздержался. Это касается, главным образом, классификации морских берегов Шлютера, которая представляется автору слишком громоздкой и едва ли заслуживающей включения в книгу, предназначенную служить лишь введением в геоморфологическую науку.

Окончательная подготовка и редактирование текста второго издания «Основ геоморфологии» производилась в годину великих испытаний нашей Родины в связи с войной, навязанной СССР злостным врагом человечества. Это обстоятельство не могло, как это указывалось, не отразиться довольно существенно на полноте, а отчасти и на оформлении данного издания. Тех, кто будет критически оценивать данную книгу, автор просит иметь в виду особые условия ее появления в свет. Но как бы то ни было он, как и прежде, будет крайне признателен за всякие указания на недостатки и промахи настоящего руководства.

---

## ВВЕДЕНИЕ

*Геоморфология* — молодая отрасль научного знания, возникшая лишь в конце прошлого столетия. До середины XIX столетия ученым чужда была идея закономерного развития форм земной поверхности, и, следовательно, не могло быть и речи о возникновении науки, ставящей себе целью раскрытие законов, управляющих этими изменениями. Только после появления работ Оска Пешеля о новых задачах сравнительной географии и в особенности после классических исследований американских географов и геологов (Поуэля, Гильберта, Девиса), после блестящих обобщений и сводных работ Рихтгофена и Пенка (старшего) можно было говорить о зарождении новой науки — геоморфологии — в том смысле, как мы ее теперь понимаем.

Первоначально геоморфология развивалась в тесной связи с картографией, географией и геологией, чем отчасти объясняется то, что и географы и геологи до сих пор часто претендуют на включение ее целиком в сферу своей компетенции и что до сих пор многие недооценивают значение геоморфологии, как самостоятельной отрасли научного знания. Это довольно обычная судьба всякой ветви научного знания, на первых этапах ее развития отходящей в сторону от общего материнского ствола. Но в настоящее время геоморфология, находящаяся в стадии быстрого роста и усовершенствования своей методики, имеет право по крайней мере в такой же степени претендовать на самостоятельность, как петрография, сейсмология, гидрогеология.

Нет надобности особенно распространяться о том, какое теоретическое и практическое значение приобретает в современных условиях правильно поставленное научное познание рельефа. Достаточно напомнить, что рельеф — это есть первое, с чем встречается человек при знакомстве с окружающим миром, достаточно вспомнить, какое яркое отражение находят особенности рельефа и в литературе и в искусстве вообще не только отдельных лиц, но и целых народов, как тщательно приходится учитывать особенности рельефа при всякого рода транспортных сооружениях, при выборе мест для жилых поселений, при решении вопросов размещения и планирования народного хозяйства, особенно в условиях социалистического строительства, коллективного сельского хозяйства, гидроэлектростроительства и пр., чтобы отпали всякие сомнения в чрезвычайной важности и обширности задач,

стоящих перед наукой, ставящей своей целью всестороннее и систематическое познание условий возникновения и постепенных изменений форм земной поверхности. Такая наука имеет полное и неоспоримое право на самостоятельное развитие.

Как наука, геоморфология всего теснее связана с физической географией и геологией. С физической географией ее сближает то, что объектом ее изучения служат предметы и явления, приуроченные к земной поверхности. С другой стороны, понимание развития рельефа немислимо без знания внутреннего строения земли и совершавшихся на ней в прежние времена перемен, проще говоря — без геологического анализа. Поэтому мы и видим, что некоторые ученые включают геоморфологию в физическую географию в виде отдельной ее главы или ветви, а другие смотрят на нее как на отрасль геологии.

Однако ни та, ни другая точка зрения не может быть признана вполне правильной.

От геологии геоморфология существенно отличается тем, что объектом ее изучения является *земная поверхность*, и притом те именно формы ее, которые *существуют в настоящее время*, между тем как геология изучает *земные недра, действующие внутри земли силы и прошлое развитие земли (историю земли)*.

От физической географии геоморфологию отличает более узкий и строго ограниченный круг предметов ее ведения: она изучает только ту часть ландшафта, которая представлена *формами рельефа*, а не всем географическим ландшафтом, как физическая география. Тем не менее между геоморфологией и физической географией существует весьма тесная связь.

Вместе с тем, как будет видно из дальнейшего, геоморфологи при своих работах используют специфические методы и приемы как в полевой работе, так и при кабинетной обработке материалов. Отсюда следует, что геоморфология имеет все основания быть признанной самостоятельной наукой в той же мере, как почвоведение, минералогия, климатология и т. п. Занимая промежуточное положение между геологией и физической географией, она, как видно из всего сказанного выше, является связующим звеном между двумя названными дисциплинами.

Едва ли стоит особенно подробно доказывать, что для успешного занятия геоморфологией необходимо быть также хорошо вооруженным достаточно широким образованием в области таких дисциплин, как физика, геофизика, геоботаника, климатология и почвоведение. В то же время сама по себе геоморфология в настоящее время является весьма важной подсобной дисциплиной для трех последних наук, равно как для физической географии и геологии. Мы увидим в дальнейшем, что геоморфология дает возможность решать некоторые геологические проблемы гораздо более полно и всесторонне, чем применение чисто геологических (стратиграфических, тектонических, палеонтологических) методов.

Но самостоятельное развитие не означает, само собой понятно, полного отрыва от тех дисциплин, с которыми по самому существу своему геоморфология не может не соприкасаться самым

тесным образом: к ним относятся прежде всего геология и география, а затем климатология и геоботаника, ибо растительность и климатические факторы, как будет видно из дальнейшего, сплошь и рядом играют первостепенную роль в формировании рельефа.

Кроме того, в настоящее время и человек является фактором, значение которого для преобразования земной поверхности (путем осуществления различных технических сооружений) нельзя недооценивать. Распашкой огромных пространств, регулированием течения рек, осушкой болот, орошением обширных пустынных или полупустынных земель, закреплении сыпучих песков растительностью, проведением каналов, выемок, железнодорожных линий, возведением плотин, уничтожением порогов и стремнин на реках при гидроэнергетических сооружениях, закладкой открытых и подземных горных выработок, истреблении лесных массивов и другими мероприятиями человек оказывает весьма сильное прямое и косвенное и — что особенно важно — с каждым годом быстро возрастающее влияние на развитие рельефа. Таким образом, человека по справедливости следует признать немаловажным геоморфологическим фактором, причем таким, роль которого с каждым годом заметно возрастает.

У нас отдельные ценные геоморфологические работы начали появляться задолго до революции. Таковы работы П. А. Крапоткина о ледниковом периоде, В. В. Докучаева о происхождении и развитии долины русских рек, А. П. Павлова о равнинах, И. Л. Черского об устройстве поверхности Сибири, Л. С. Берга о подразделении территории Азиатской России на отдельные геолого-геоморфологические области и др. Но все же настоящие систематические геоморфологические исследования с применением той методик, какой требует современная геоморфологическая наука, начали практиковаться преимущественно в послереволюционное время, и главным образом только за последние десятилетия.

Большую роль в развитии геоморфологии в СССР сыграли учреждение кафедр геоморфологии и географических факультетов и отделений при Ленинградском и Московском государственных университетах. Благодаря им у нас выросли и окрепли кадры молодых геоморфологов, оживившихся с современными идеями в этой научной отрасли и с увлечением работающих над изучением развития рельефа в различных областях и районах нашей обширной страны. Громадный толчок таким исследованиям дали запросы, связанные с осуществлением нужд и потребностей социалистического строительства. В настоящее время мы уже располагаем целым рядом чрезвычайно ценных исследований и монографий по геоморфологии отдельных территорий СССР. Укажем для примера на работы В. А. Вардановой по северному Уралу, К. К. Маркова и Н. П. Соколова по Ленинградской области, А. А. Григорьева по Якутии, А. Н. Борзова по Московской области и Банкирии, С. С. Неуструева по южному Уралу (Оренбургскому району) и Западно-Сибирской низ-

менности, проф. Б. М. Личкова о великих аллювиальных равнинах, Гране по Алтаю, И. И. Краснова и С. Г. Боча по Уралу, Г. Д. Рихтера по Кольскому полуострову, Г. Е. Быкова по Казахстану, Б. Ф. Добрынина по отдельным районам Европейской части СССР и многие другие.

Появилось также немало и геоморфологических карт. Сознание необходимости приступить к систематическим геоморфологическим исследованиям всей территории СССР и составлению геоморфологической карты нашей страны стало мало-помалу пробиваться в широких кругах научных деятелей. Оно нашло свое отражение и в резолюциях, выносившихся на конференции Госплана по изучению производительных сил СССР и на I Всесоюзном географическом съезде в Ленинграде весной 1933 г. Та же причина привела почти одновременно к учреждению постоянной Геоморфологической комиссии при Государственном географическом обществе и Геоморфологического института при Академии наук СССР. Оба только что названных учреждения развивают оживленную деятельность.

Геоморфологическая комиссия ГГО принимала энергичное участие в работах I Всесоюзного географического съезда; она довольно часто устраивает и теперь научные собрания, на которых заслушиваются и обсуждаются научные доклады.

Геоморфологический институт при Академии наук СССР, преобразованный в настоящее время в Институт географии Академии наук, уже успел за годы своего существования выпустить ряд ценных работ по геоморфологии СССР и в последнее время разработал и принял после ряда совещаний легенду общей геоморфологической карты СССР, сделав таким образом первый шаг на пути к осуществлению идеи построения общей геоморфологической карты нашей страны. В настоящее время этим институтом уже составлена и близка к опубликованию общая геоморфологическая карта Европейской части СССР.

В то же время и Центральное геологосъемочное научно-исследовательское учреждение СССР — б. ЦНИГРИ, ныне ВСЕГЕИ (Центральный Научно-исследовательский Геологоразведочный Институт) — пришел к необходимости при геологических исследованиях и съемках больше внимания уделять геоморфологии, чем это делалось до сих пор, и с этой целью разработал инструкцию для геоморфологических наблюдений при производстве полевых геологических исследований. Из среды работников этого института в настоящее время уже выделилось немало лиц, зарекомендовавших себя серьезными, прекрасными геоморфологическими работами.

В особенности важное значение для стимулирования геоморфологических работ имеет учреждение при ВСЕГЕИ особого сектора (теперь секции) четвертичной геологии и геоморфологии. С той отраслью геологии, которая изучает четвертичные отложения, геоморфология связана более тесными узами, чем с любой другой наукой. Это и понятно, так как наблюдаемые нами в настоящее время формы рельефа наиболее свежо сохранили в себе

те черты, которые сложились в близком к нам по времени геологическом прошлом т. е. в четвертичное время, между тем как более древние черты уже успели значительно пострадать и стусеваться.

Таким образом, изучение процессов и событий четвертичного периода приобретает для геоморфолога особо важное значение, равно как и для геолога, занимающегося четвертичными отложениями, вопросы геоморфологии приобретают первостепенную важность. При составлении карт четвертичных отложений самым существенным образом приходится считаться с геоморфологией. Вот почему впервые опубликованная ЦНИГРИ в 1932 г. (ко времени II Международной конференции Ассоциации по изучению четвертичного периода Европы) карта четвертичных отложений Европейской части СССР в масштабе 1 : 2 500 000 под редакцией проф. С. А. Яковлева знаменует собой также важный этап и по пути освещения геоморфологии СССР.

Обращаясь к зарубежным странам, мы видим, что здесь внимание, уделяемое геоморфологическим проблемам, точно также растет с каждым годом. На международных географических и геологических конгрессах, а также на конференциях Международной ассоциации по изучению четвертичного периода Европы им отводится много места и времени. В 1926 г. исполнительным комитетом Международного географического объединения была учреждена особая комиссия для исследования плиоценовых и пост-плиоценовых террас, которая успела выпустить уже два сборника своих трудов (в 1928 и в 1930 гг.).

Все сказанное свидетельствует о том, что геоморфология, как отрасль знания с определенным содержанием и особыми методами работы, уже успела занять вполне прочное положение в ряду других естественно-исторических наук и в системе высшего естественно-исторического образования.

СОДЕРЖАНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ И  
МЕТОДЫ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ И АНАЛИЗА

*Геоморфологией* называется наука, занимающаяся изучением и описанием форм земной поверхности. Под ней обычно разумеют учение о формах поверхности суши в широком смысле этого слова, включая острова, внутриконтинентальные водные бассейны (моря-озера и озера), а также береговые зоны океанов и морей.

Совокупность форм поверхности, характеризующих ту или иную часть литосферы, называют *рельефом*. Рельеф складывается из отдельных элементов — *элементарных форм*. Их развитием и сочетанием обуславливается так называемый *геоморфологический ландшафт*, образующий основу, на которой развивается *географический ландшафт*.

Впечатление, производимое на наши зрительные органы отдельными формами и рельефом в целом, определяется:

- 1) внешними (геометрическими) очертаниями этих форм;
- 2) их размерами;
- 3) гилсометрическим положением (абсолютным и относительным);
- 4) пространственным положением по отношению к плоскости горизонта;
- 5) отношением к окружающим их формам.

Геоморфология, как наука, не может, однако, ограничиваться описанием только внешнего вида отдельных форм и рельефа в целом. Ее главная задача заключается в выяснении их происхождения и развития.

В соответствии со сказанным настоящая научная классификация форм земной поверхности не может быть чисто формальной, а должна опираться также и на генетические признаки. Однако чисто внешние, морфологические в собственном смысле слова, признаки в геоморфологии всегда будут неизбежно являться отравным моментом при построении всякой рациональной классификации.

В геоморфологии различают формы: *простые*, или *элементарные*, и *сложные*. Первые характеризуются единством и сравнительной простотой своих внешних очертаний (примеры: холм, дюна, воронка, блюдце и т. п.). Вторые, наоборот, образуются сочетанием элементов, различных по своему внешнему виду (примеры: горный

хребет, озерная или сухая впадина и пр.). Простые формы играют в геоморфологическом ландшафте ту же роль, как клетки в организме: от того или иного развития и сочетания их зависит весь внешний облик рельефа.

Одна из первых задач геоморфологического анализа должна заключаться в разложении сложных форм на их элементарные составные части.

Наряду с этим современные геоморфологи различают:

*Крупные формы рельефа (макрорельеф)*, определяющие своим наличием общую физиономию устройства поверхности того или иного участка литосферы (горные возвышенности, плоскогорья, долины и т. п.)

*Мелкие формы рельефа (микрорельеф)*, являющиеся лишь мелкими деталями в общей морфологии страны и обычно ступенчатые при рассмотрении ландшафта издали (песчаная рябь, ячейки выветривания, полигональные грунты, карровые образования на известняках и т. д.).

Не всегда бывает легко провести точную границу между макрорельефом и микрорельефом; поэтому некоторые авторы говорят о *мезорельефе*.

Геттнер справедливо сравнивает макрорельеф с общей архитектурой здания, а микрорельеф с деталями, определяющими стиль постройки.

Очевидно микроформы относятся к категории наиболее примитивных простых форм. Их изучению при полевых исследованиях следует уделять особенное внимание: нередко именно они дают ключ к разгадке происхождения более крупных и сложных форм рельефа.

Таким образом, в порядке возрастающего усложнения мы можем установить в геоморфологии такую последовательность морфологических категорий:

- 1) элементарные зачаточные формы (микроформы) — песчаная рябь, земляные пирамиды, каменные многоугольники, карры и т. п.;
- 2) простые крупные формы (мезоформы) — такыр, холм, дюна и пр.;
- 3) сложные микроформы — гора, долина, равнина и т. п.;
- 4) совокупность микроформ — микрорельеф;
- 5) совокупность макроформ — макрорельеф;
- 6) наконец, более или менее обширные участки земной поверхности, ландшафт которых определяется преобладающим господством той или другой категории крупных форм; мы условимся такие участки называть *странами* — равнинные страны, холмистые страны, горные страны и т. д.

### Факторы развития рельефа.

Возникновение и развитие форм земной поверхности определяется следующими факторами:

*Эндогенными* — т. е. силами и процессами, действующими внутри обитаемой нами планеты (вулканизм, тектонические и сейсмические движения).

*Экзогенными* — т. е. силами и процессами, разыгрывающимися на поверхности земли и обусловленными наличием вокруг земли воздушной и водной оболочек, а также притоком лучевой энергии от центрального светила нашей солнечной системы (следовательно: выветриванием, работой ветра, атмосферных, проточных и подземных вод, снега и льда, морского прибоя).

Одним из основных направляющих и регулирующих факторов при всех перечисленных процессах неизменно является сила тяжести.

Сущность и детали работы эндогенных и экзогенных агентов предполагаются известными читателям данной книги из курсов по физической географии и общей геологии. Поэтому здесь мы ограничимся только указанием на некоторые черты их работы.

Деятельность эндогенных агентов проявляется в различных частях литосферы и в разные геологические времена с неодинаковой силой и темпами. В известные моменты (вулканические циклы, орогенетические фазы) она достигает высокого напряжения и совершается чрезвычайно быстро, в другие она ослабевает, проявляется медленными темпами (эпейрогенетические колебания земной коры) и, наконец, в известные периоды она замирает и почти полностью прекращается. Законы этих колебаний до сих пор еще далеко не выяснены с желательной полнотой.

Характерно и в высшей степени важно для развития рельефа земной поверхности то, что различные участки литосферы в смысле проявления внутренних сил ведут себя совершенно различно: это касается как тектонических, так и сейсмических и вулканических явлений. В то время как в одних областях происходит орогенетические пароксизмы, в других имеют место только эпейрогенетические медленные движения земной коры различного знака (положительные и отрицательные). В то время как одни участки литосферы подвергаются смятию в складки, в других имеют место преимущественно радиальные расколы и разрывы. Проявления вулканизма в любые геологические эпохи локализируются только в определенных, меняющихся с течением времени зонах и т. д. Все эти различия уже с самого начала накладывают на морфологию каждого участка земной поверхности особый отпечаток, который в той или иной степени может определять все дальнейшее развитие его рельефа.

Что касается работы экзогенных факторов, то она проявляется более плавно и равномерно в пространстве и времени. Но результаты их работы зависят отчасти от распределения суши и воды на земной поверхности, а главным образом и в первую очередь от совокупности господствующих в той или иной области метеорологических условий, т. е. климата. Вот почему при геоморфологических исследованиях роль климата приходится учитывать с особой тщательностью. По этой же причине наблюдается известная зональность в распределении форм рельефа (тропические, пустынные, степные, лесные и полярные зоны), о чем подробнее говорится в одной из специальных глав настоящей книги.

При экзогенных процессах в широком масштабе происходит перемещение жидких и твердых масс (воды и рыхлых горнокаменных масс) по земной поверхности от более возвышенных точек к более низким местам под влиянием силы тяжести.

Это последнее влияние может сказываться только до определенного уровня, называемого *нижним денудационным уровнем* или, как теперь чаще принято говорить, *базисом эрозии*. Отсюда становится очевидной контролирующая роль силы тяжести в формировании рельефа.

Весьма серьезно приходится учитывать роль *биосферы*, особенно роль *растительного покрова*, в развитии рельефа. Правильнее, впрочем, будет говорить не об одностороннем влиянии, а о взаимодействии. Морфология суши в такой же степени определяется в своем развитии растительностью, насколько, с другой стороны, растительный покров в своем развитии и распределении зависит от рельефа<sup>1</sup>.

Существенное влияние на морфологию земли оказывает также *животный мир*.

Наконец, особо приходится выделить ту роль, как прямую, так и косвенную, в преобразовании лика земли, которая принадлежит *человеку*. Эта роль с каждым годом чрезвычайно быстро возрастает по мере развития производительных сил, в особенности в условиях социалистического строительства в СССР (осушение болот, орошение пустынных и засушливых районов, распашка полей, вырубка и расчистка лесов, закрепление сыпучих песков, устройство запруд и плотин, регулирование течения рек, прорытие тоннелей, каналов, производство различного рода горных выработок и пр.).

По вопросу об относительной важности для формирования рельефа эндогенных и экзогенных факторов необходимо заметить следующее: первые являются основной причиной возникновения на земной поверхности вообще всякого рода неровностей; вторые непрерывно стремятся к тому, чтобы эти неровности сnivelировать и уничтожить. Поэтому можно установить следующее общее положение: эндогенные силы создают основные элементы рельефа: экзогенные разрушают и преобразуют (моделируют) тот материал, который доставляют им первые. Чем интенсивнее работа первых, тем труднее вторым сnivelировать созданные ими неровности.

Поэтому можно безошибочно отнести страны с особенно резким (гористым) рельефом к таким, где интенсивные тектонические движения или происходили еще весьма недавно, или же совершаются еще и теперь.

Геоморфологический анализ должен ставить себе задачей полное уяснение той роли, какую играли в возникновении и развитии как отдельных форм, так и всего рельефа в целом эндогенные и экзогенные силы. Каждую форму мы можем рассматривать, как результат взаимодействия тех и других. Если известна форма и

<sup>1</sup> Само собой разумеется, что то же самое справедливо и по отношению к климату, в частности по отношению к микроклимату.

может быть полностью учтена роль в создании ее экзогенных факторов, то этим самым мы получаем основу для суждения и о тех эндогенных силах, которые участвовали в ее созидании. В частности, следовательно, геоморфологический анализ, при умелом пользовании им, может служить могущественным орудием для решения ряда тектонических проблем, на что особенное внимание обратил Вальтер Пенк. Метод решения тектонических вопросов при помощи геоморфологического анализа можно назвать *морфотектоническим анализом*; особенно ценные услуги он может оказать при восстановлении скоростей, а иногда и амплитуд колебаний земной коры в прошлом. Обычные геологические наблюдения в этом случае зачастую оказываются или недостаточными, или совершенно бессильными.

Возникновение и развитие форм на земной поверхности можно свести к перемещению масс внутри земли и на ее поверхности. Экзогенные и эндогенные силы, как уже отмечено выше, действуют антагонистически по отношению друг к другу: первые своими проявлениями нарушают идеальную фигуру равновесия земного тела<sup>1</sup>, вторые стремятся эту фигуру восстановить. Ареной борьбы этих сил является земная поверхность, как поверхность соприкосновения между средами различного физического состояния (твердого, жидкого и газообразного — литосферы, гидросферы и атмосферы) и, кроме того, как играющая роль экрана, задерживающего лучевую энергию солнца — этого первоисточника энергии всех экзогенных процессов.

Форм, которые были бы обязаны своим происхождением исключительно действию эндогенных сил, на земле почти не наблюдается: почти всегда они оказываются в большей или меньшей степени уже задетыми преобразующей работой внешних сил<sup>2</sup>. Зато целый ряд образований почти целиком может быть отнесен за счет последних.

Всякий процесс преобразования рельефа под влиянием экзогенных сил сводится, в сущности, к трем моментам: 1) разрушению уже существующих форм (химическому, физическому, механическому); 2) перемещению (транспортировке) образовавшегося при разрушении материала с места на место; 3) созданию новых форм путем накопления (аккумуляции) материала, принесенного извне.

Поэтому в геоморфологии обычно принято говорить о формах: *эрозионных* (скульптурных), или *денудационных*, и *аккумулятивных*. Сплошь и рядом на одних и тех же формах мы наблюдаем результаты тех и других процессов. На деталях, касающихся механизма работы эндогенных и экзогенных сил, мы здесь не оста-

---

<sup>1</sup> Идеальной фигурой равновесия вращающейся земли был бы эллипсоид вращения с геометрически правильной поверхностью.

<sup>2</sup> Исключение составляют некоторые свежие вулканические сооружения и в редких случаях тектонические формы, особенно недавно происшедшие. Впрочем, такие сооружения лучше сохраняются не на суше, а на дне водоемов.

навливаемся, предполагая предварительное знакомство с ними условием, неизбежным для занятия геоморфологией.

Таким образом, резюмируя, мы можем сказать, что на формирование и развитие рельефа прямое или косвенное влияние оказывают следующие факторы:

1. *Орогенетические* (горообразовательные) и *эпейрогенетические* (медленные, вековые) *движения* земной коры.
2. *Вулканические процессы*, включая сюда также явления образования грязевых сопок (сальз).
3. *Эвстатические колебания* водной оболочки земли (океанической).
4. *Геологическая структура* (тектоника).
5. *Геологический состав* (литологические свойства горных пород, слагающих земную кору).
6. *Экзогенные факторы* — работа атмосферных агентов, ледников, проточных вод, подземных вод, морского прилива, озер.
7. *Географическое положение* той или иной области.
8. *Растительный покров*.
9. *Деятельность животных организмов*.
10. *Деятельность человека*.
11. Наконец, существенное значение имеет также *фактор времени*, на котором необходимо остановиться особо.

### Значение фактора времени в развитии рельефа.

Раз рельеф подвержен эволюции, которая представляет собой не что иное, как сумму изменений, вызванных деятельностью перечисленных выше агентов, то очевидно, что эта эволюция в известной степени должна являться *функцией времени*. Если бы рельеф развивался под влиянием только одного агента и если бы темп работы последнего оставался одинаковым, мы могли бы, хотя далеко не с абсолютной точностью, по сумме изменений, испытанных формами поверхности, делать заключения о длительности времени, в течение которого эти изменения произошли. В действительности, однако, эта задача чрезвычайно усложняется по той причине, что в формировании рельефа одновременно участвует несколько деятелей, причем работа одних то усиливает и ускоряет, то, наоборот, замедляет, а иногда даже парализует работу других. Так, например, эрозионная работа рек усиливается и ускоряется, если одновременно происходит поднятие (эпейрогенетическое) земной коры, и, наоборот, замедляется или может даже совершенно замереть при условии одновременного опускания литосферы. Кроме того, скорость воздействия экзогенных агентов на рельеф в разных участках земной коры зависит от тектоники и геологического состава (литологии). Наконец, и сама по себе интенсивность и темп работы любого агента с течением времени подвержены значительным колебаниям. Все это вместе взятое делает почти совершенно неразрешимой задачу определения по внешнему виду отдельной формы или комплекса форм их возраста, выраженного в числовых величинах, хотя бы прибли-

женных, как это делают по отношению к организмам животным и растительным.

При всем том в геоморфологии принято говорить о возрастных стадиях отдельных форм рельефа — об их юности, зрелости, старости, дряхлости и т. д. Но понятие «возраст» в геоморфологии может и должно иметь только относительное и условное значение. При прочих равных условиях данная форма будет тем старше, чем дольше она подвергалась воздействию определенного внешнего агента. В известных, весьма частых случаях это может отразиться и на ее внешнем виде, так что обратно по этому последнему мы можем судить об ее «возрасте». Например, при условии совершенно одинаковых движений литосферы и одинаковой геологической структуры процесс эволюции рельефа горной страны под влиянием определенного экзогенного агента (например, денудации и эрозии) будет находиться в строгой зависимости от времени, в течение которого этот внешний агент действовал. Мысленно мы можем проследить все те стадии, которые должна при этих допущениях пройти страна от начальных моментов своего расчленения до полного сnivelирования всех неровностей рельефа.

В. М. Девис, разобравший именно такой случай, положил его в основу построения своего так называемого *цикла эрозии* и, проводя аналогию между фазами развития рельефа и стадиями эволюции организма, ввел в геоморфологию понятия о молодости, зрелости, старости, дряхлости. Простота концепции и изящество аналогии способствовали тому, что эта терминология, основанная, в сущности, на весьма отдаленной и даже грубой параллелизации, быстро укоренилась среди геоморфологов и получила не только широкое распространение, но зачастую стала употребляться в гораздо более прямолинейном смысле, чем это допускали сами творцы учения о закономерном развитии рельефа. Внешним видом форм стали пользоваться слишком схематически и упрощенно для восстановления прошлой истории страны. Так, наличие форм с плавными контурами многие стали истолковывать как старость рельефа; наоборот, резкие очертания гор с узкими и глубокими долинами рассматривать как признак молодости страны и т. д. Между тем в любой горной стране мы можем найти бок-о-бок друг с другом участки с совершенно различным развитием долин и со значительной разницей в общем расчленении поверхности, зависящей исключительно от разницы в геологическом их составе. Следовательно, фактор времени в развитии форм рельефа играет относительную роль, в каждом отдельном случае подлежащую особому выяснению.

Было бы неправильно из сказанного сделать вывод, что в геоморфологии следует вообще отказаться от выяснения закономерностей в развитии форм рельефа. Задача эта весьма сложная, но отнюдь не неразрешимая: правильная постановка ее и удовлетворительное разрешение требуют лишь точного и полного учета всех факторов формообразования. Если это сделано и если при этом удалось установить последовательность смен одних форм

другими, то этим самым может считаться решенной (для данного комплекса форм) и проблема установления их относительного возраста.

Но в геоморфологии указание на возраст имеет еще и другой смысл: в него вкладывается не только, или, вернее, не столько указание на длительность времени, в течение которого развивалась известная форма, сколько на *энергию и темп процесса развития рельефа в момент его изучения наблюдателем*. Особенно применимо это к эрозионным формам в горных странах. В теории эрозионного цикла в том виде, как ее развил В. М. Девис, совершенно отчетливо оттеняется именно эта сторона дела. *Детская стадия* развития рельефа — это та стадия, которая характеризуется самыми начальными моментами расчленения земной поверхности атмосферными агентами и проточными водами. Эрозионные процессы идут еще слабо и, так сказать, неорганизованно по всей поверхности страны, и линии их приложения в основном определяются первичными неровностями исходной земной поверхности. *Юный возраст* отличается уже полным и даже бурным развитием процессов денудации и эрозии. Характерно для детской и юной стадии то, что кривая, изображающая интенсивность процесса моделировки рельефа, в это время быстро поднимается вверх. В *зрелом возрасте* наступает известное равновесие между денудацией, транспортом и накоплением материала, кривая расчленения рельефа выполаживается и на долгое время стабилизируется. В дальнейшем та же кривая идет на снижение, энергия эрозионных процессов ослабевает и, наконец, почти сходит на-нет: это юра увядания жизненной энергии, соответствующая *поздней зрелости*, затем *старческому возрасту* и *дряхлоści*. Аналогичные соотношения мы можем установить при анализе цикла расчленения береговой линии моря работой морского прибоя (абразионный цикл). Гораздо труднее провести такую же параллель для циклов ледникового (гляциального), аридного (эолового) и карстового.

Если в ходе известного цикла рельеф достиг той стадии, которая характеризуется, как поздняя зрелость, старость или дряхлость, то может случиться, что какие-нибудь резкие движения литосферы или быстрые изменения физико-географических условий вновь вызовут усиление процессов расчленения рельефа, т. е. как бы возвратят цикл к более ранней стадии; такое событие называется в геоморфологии *омоложением цикла*, а следствием его является и *омоложение* самого рельефа. Моменты омоложения представляют, следовательно, перерывы в нормальном ходе цикла. Возможны, конечно, хотя и редко описываются в геоморфологии, и обратные случаи — *одряхление цикла (и рельефа)*, например, при эпейрогеническом опускании горной страны, находящейся в стадии молодости или зрелости.

---

Резюмируем вкратце то, что сказано на предыдущих страницах. Фактор времени играет в эволюции рельефа весьма важную, но относительную роль. Его значение может быть полностью

учтено только в том случае, когда хорошо известна роль всех остальных факторов в преобразовании рельефа. Без такого учета по одному внешнему виду отдельных форм и всего рельефа в целом нельзя делать заключение о так называемом «возрасте» форм.

Между возрастом форм в геоморфологии и возрастом живых организмов может быть проведена лишь формальная аналогия. Она в ряде случаев может быть оправдана, главным образом, постольку, поскольку с «возрастом» связывается обычно представление об энергии жизненных процессов, которым в геоморфологии соответствуют процессы расчленения земной поверхности экзогенными агентами (главным образом деятельностью проточной воды, морским прибором и общими процессами денудации).

Стадии развития рельефа, во время которых кривая энергии расчленения земной поверхности идет более или менее круто вверх (возрастает), в геоморфологии принято называть стадиями юности и молодости; те, во время которых она идет на убыль, соответствуют преклонному возрасту, или старости. Зрелости соответствуют средние стадии, когда в этом отношении достигнуто состояние известной устойчивости — как бы равновесия.

Если в стадии зрелости или старости происходит такие движения литосферы или другие резкие изменения физико-географических условий, в силу которых процесс расчленения вновь возвращается к одной из более ранних своих стадий, то такое явление в геоморфологии принято называть *омоложением* (рельефа или цикла).

Небесполезно еще сказать несколько слов о применении к описанным явлениям термина *цикл*. Неоднократно указывалось на то, что пользование этим термином в применении к сумме преобразований рельефа в течение определенного отрезка времени не совсем правильно, так как мы здесь в сущности вовсе не имеем замкнутого круговорота событий с неизменным повторным возвращением к первоначальному исходному положению. С логической точки зрения такое указание совершенно справедливо. Даже в случаях полных<sup>1</sup> эрозионных циклов мы никогда, по существу, не имеем возврата к тому положению, в каком рельеф находился вначале. Поэтому здесь следовало бы говорить о спиралеобразном развитии, а не о круговом (*циклическом*). Но надо заметить, что термин *цикл* давно уже утерял свое первоначальное, строго логическое значение и весьма часто применяется просто для обозначения совокупности известных действий или явлений безотносительно к тому, носят ли они круговой, замкнутый характер повторяемости или нет<sup>2</sup>. Только с этой условной точки зрения и можно еще примириться с употреблением данного термина, и то только до тех пор, пока не будет найдено более подходящего и удачного для замены его.

<sup>1</sup> О «полных» и «прерванных» эрозионных циклах см. ниже.

<sup>2</sup> В общежитии, например, часто говорят о «цикле лекций» и т. п.

Для полной характеристики рельефа в целом и отдельных форм в частности необходимо дать:

1) количественную оценку их — абсолютные и относительные высоты, занятые ими по площади и объему пространства, средние высоты и глубины и пр.;

2) общее совершенно объективное описание их внешних (геометрических) особенностей;

3) анализ их происхождения и развития.

В соответствии с этим геоморфология подразделяется на:

*Морфометрию* — учение о принципах и методах количественной характеристики форм рельефа.

*Морфографию* — интересующуюся главным образом описанием внешних особенностей земной поверхности.

*Морфогенезис*, или *генетическую морфологию*, задача которой заключается в выяснении происхождения и развития рельефа.

При геоморфологических работах, как полевых, так и кабинетных, приходится, разумеется, учитывать и причинно связывать между собой все три категории проблем, составляющих в своей совокупности содержание современной геоморфологии.

### Геоморфологическая номенклатура.

Существующая геоморфологическая номенклатура, как и геологическая, весьма несовершенна. Она создавалась случайно и переполнена разнородными элементами и по этимологическому своему построению и по внутреннему значению. В ней укоренилось много терминов, взятых из повседневного обихода, и страдающих поэтому неопределенностью и расплывчатостью (вершина, перевал, увал, холм, равнина, лощина, балка и т. п.). При этом некоторые термины учитывают или только внешние очертания (равнина, блюдце, котловина и т. д.), или только гипсометрическое положение (вершина), или доступность (перевал), или, наконец, только генезис (пенеплен, антецедентный). Немало терминов местных географических, получивших общий характер (фьорд, риас, каньон, бархан). Есть немало и искусственно созданных терминов (дельта, трог, грабен). С другой стороны, наряду с терминами, получившими международное распространение (бархан, дюна, фьорд, риас, каньон, оз, кар и т. п.), многие и притом наиболее важные геоморфологические категории и понятия на разных языках обозначаются различно (равнина, долина, склон, ущелье, гора, плоскогорье).

Сказанное не исключает необходимости стремиться к упорядочению геоморфологической номенклатуры. Следует прежде всего заботиться о том, чтобы термины удовлетворяли требованиям грамматической правильности, простоты смысла, удобопонятности и общепринятости. Следует избегать многословных (сложных) терминов и без особой нужды не создавать новых. Нововведения допустимы лишь в том случае, когда для соответственных образований еще не существует установившихся общепринятых терминов и если есть надежда на то, что новый термин получит международное распространение; при этом предпочтительнее брать меткие

простонародные слова, которыми богаты наши местные говоры (курум, аллап, байджерах, парма и пр.).

В основу геоморфологической терминологии лучше всего класть выражения нейтральные, оттеняющие прежде всего внешние особенности форм (равнина, холм, гора, купол, гребень, ступень, блюдце, конус, терраса и пр.). Термины, указывающие на генезис, предпочтительнее употреблять в виде прилагательных при основном, чисто геоморфологическом термине (абразионная равнина, моренные холмы, аккумулятивная терраса, антецедентная долина и пр.) или же в виде родительного падежа (конус выноса). Разумеется, в этом нет надобности, если уже в самом основном термине содержится указание на генезис (бархан, клиф, оз, кар, полье, маар, кальдера, камы). Следует избегать употребления в качестве геоморфологических чисто геологических понятий (например: горст, грабен, антиклиналь, мульда). Рекомендуются также быть осторожным в применении терминов, основанных на априорных дедуктивных соображениях, которые особенно широко ввела в науку американская школа Девиса (молодой, зрелый, дряхлый, пенеплен). Они, особенно в первоначальных стадиях исследования, когда материала, основанного на точных и детальном наблюдениях, еще мало, могут сбить исследователя с правильного пути. Это, однако, отнюдь не значит, что из геоморфологической терминологии должны быть изгнаны генетические моменты: последние должны только найти отражение в терминологии в конечных стадиях исследования и описания рельефа.

---

После этих общих замечаний остановимся подробнее на некоторых основных геоморфологических терминах.

При обозначении отдельных форм рельефа и целых морфологических ландшафтов имеют в виду оттенить их высотное — абсолютное или относительное — положение, наружные очертания, положение по отношению к горизонту и друг к другу, географо-экономическое значение и, наконец, степень расчлененности рельефа. Не претендуя дать здесь исчерпывающий словарь геоморфологических терминов, приведем лишь имеющие наиболее важное значение и чаще всего употребляемые.

Прежде всего в смысле отношения к горизонту и друг к другу различают две крупные категории форм: *положительные* и *отрицательные*. Положительными называются формы выпуклые по отношению к плоскости горизонта и окруженные элементами рельефа более низкими (холмы, горы, бугры, гряды и пр.). К отрицательным относятся формы вогнутые, окруженные повышенными участками рельефа (котловины, долины, впадины, воронки и пр.). Отрицательные формы часто называют также *полыми* <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> К полым формам относят также подземные пустоты (пещеры).

В смысле высотного положения различают:

**Низины**, или *низменности*, — участки суши, поднятые над уровнем моря на высоту от 0 до 200 м<sup>1</sup>.

**Плиторы**, или невысокие *плато*, — высотой от 200 до 500 м.

**Среднегорные возвышенности** — от 500 до 1500 м.

**Высокие нагорья** — от 1500 до 3000 м.

**Альпийские горы** — выше 3000 м.

**Депрессии (впадины)** — участки суши, залегающие ниже уровня моря.

Разумеется, это подразделение совершенно условно и не может претендовать ни на какое научное значение. Тем не менее оно имеет тот весьма существенный с геоморфологической точки зрения смысл, что от абсолютной и относительной высот положения того или иного участка суши в значительной мере зависят темп и характер его расчленения экзогенными агентами, а следовательно, и весь ход эволюции рельефа.

По степени расчлененности рельефа (в связи с относительными и абсолютными высотами) различают:

**Равнины**, или *равнинные формы*, — участки суши, рельеф которых весьма слабо расчленен и потому отличается весьма малыми колебаниями относительных высот отдельных точек, расположенных в его пределах. Вполне идеальных равнин, т. е. таких, поверхность которых представляла бы геометрическую плоскость, в природе не существует. Наиболее совершенными в этом отношении являются некоторые описываемые ниже равнинные аккумулятивные образования, возникающие в песчаных пустынях или на месте спущенных озер (такры, аккумулятивные озерные равнины). Обычно же поверхность равнин в большей или меньшей степени бывает искажена повышениями и понижениями (холмами, гривами, западинами и т. д.).

В зависимости от высотного положения различают равнины **низменные**, или равнинные **низменности**, и равнины **возвышенные**, или **нагорные**. Последние могут располагаться на значительной абсолютной высоте (Памир, Тибет).

**Возвышенности** — участки суши, более или менее высоко поднятые над уровнем моря. В зависимости от вертикального поднятия и формы, а также от характера ограничения от окружающих форм рельефа они носят название холмов или гор. *Холмами* называются возвышенности, не превышающие 200 м относительной высоты, притом большей частью довольно постепенно сливающиеся своими подошвами с окружающим рельефом. *Горами* называются более значительные возвышенности, обладающие резко очерченной подошвой. Впрочем, деление это весьма условно, и применение на практике того или другого термина определяется часто субъективными впечатлениями наблюдателя. Так, в равнинных местностях *горами* называют часто даже сравнительно небольшие возвышенно-

<sup>1</sup> Некоторые авторы (например, Пассарге) относят к низинам страны с абсолютной высотой от 0 до 500 м.

сти, притом сложенные рыхлыми наносными образованиями (Ленинские (Воробьевы) горы в Москве, Поклонная гора, Мишина гора и др.); с другой стороны нередко и значительные поднятия описываются как холмы.

Вытянутые незначительные возвышения, поднимающиеся среди равнинных пространств, называют *релками*, *гривами*, *грядами*. Последний термин, впрочем, часто применяется также по отношению к более высоким горным поднятиям. Мелкие холмы часто обозначают словом *бугор*, в особенности если речь идет о песчаных накоплениях (бугристые пески).

Горные возвышенности вытянутой в длину формы, с хорошо выраженным более или менее крутым скатом в обе стороны, со склонами, пересекающимися на известной высоте по прямой или извилистой линии, обозначают термином *хребет*, или *горный хребет*. Реже говорят *горный кряж*. Впрочем, термин этот весьма часто применяют и к обозначению целых обширных, весьма сложно устроенных горных систем (как, например, Кавказский хребет, Саянский хребет и т. п.), что едва ли можно считать правильным. Если горные возвышенности протягиваются в длину на далекое расстояние и состоят из множества отдельных групп повышенных участков, разделенных понижениями, то часто такие поднятия называют *горными цепями*. Сильно суженные приотстренные хребты называют *гребнями*.

В описаниях многие авторы не делают строгого различия между терминами «хребет» и «горная цепь», между тем как правильное было бы пользоваться последним обозначением только для более сложно орографически устроенных образований.

*Водораздельными горными хребтами* называют вытянутые возвышенности, разделяющие две различные (текущие в разные стороны) речные системы, или разделяющие два дренирующихся в разные стороны района.

*Горными массивами* называют горные возвышенности неправильных очертаний в плане.

*Нагорья* — этот термин употребляется в различных смыслах, что вызвало даже дискуссию и полемику в литературе. Правильнее всего будет, по нашему мнению, под нагорьями разуметь обширные высоко поднятые над уровнем моря участки суши с более или менее разнообразным устройством поверхности. Следовательно на нагорьях могут протягиваться горные хребты, могут находиться равнинные участки, могут быть районы развития холмистого рельефа и пр.

*Плоскогорьями* называют массивные горные поднятия неправильных очертаний в плане с относительно слабо расчлененным рельефом поверхности.

*Столовыми горными возвышенностями*, или *горными плато*, обозначаются горные поднятия, падающие крутыми склонами или ступенчато в стороны, сложенные горизонтально залегающими толщами горных пород (осадочных или вулканических покровов) и обладающие ровной поверхностью, совпадающей с поверхностью наложения этих пород.

*Горные узлы* — это точки, в которых пересекаются два или несколько горных хребтов или горных цепей. Часто в таких именно местах поднимаются высочайшие горные вершины.

*Горными отрогами* называют второстепенные, отходящие от главных стволов горные хребты, или кряжи.

Невысокие плоскогорья и столовые страны называют иногда также *плитами*.

В горах существует специальная номенклатура для отдельных точек.

Возвышенные точки в горах, выдающиеся в рельефе над окружающими пространствами, называют *вершинами*.

В зависимости от своей формы вершины получают различные наименования.

*Куполами* обозначают округлые с более или менее крутыми склонами вершины.

*Пиками* — высокие острые вершины, независимо от их частных форм, которые могут быть весьма различны. Среди пиков можно выделить *пирамиды*, имеющие трехгранную, четырехгранную или многогранную форму, со скалистыми ребрами, сходящимися к вершине (Хан-Тенгри, Ушба) (рис. 1); *иглы* — высокие и тонкие, высоко поднимающиеся в воздух пики, высящиеся на более или менее широком цоколе;

*конусы* — высокие пики конусовидной формы, иногда усеченные; эта форма особенно присуща вулканическим вершинам (Эльбрус, Ключевская сопка, Фудзияма, Котопахи и др.).

*Шатры* — вершины, имеющие форму лежачей призмы с ребром, обращенным кверху (Чатыр-Даг).

Наконец, многие вершины имеют неправильную форму («Фигуристые белки» в Восточных Саянах).

На Северном Урале одинокие утесы, торчащие на выровненных гребнях, называют «болванами».

Пониженные места на горных возвышенностях, где можно с одного склона перебраться на другой, называются *перевалами*, а наиболее удобный для этого пункт — *перевальной точкой*. Это понятие чисто хозяйственное, но оно имеет и некоторый физико-географический смысл, так как в перевальной точке меняется на-



Рис. 1. Пирамидальная вершина г. Ушба, Кавказ (фото А. Л. Рейнгарда).

клон горного ската на противоположный, и, следовательно, с перевала продукты делювиальные сносятся в разные стороны.

Перевалы могут иметь весьма различные очертания. Иногда они представляются очень слабо врезанными в гребень хребта. Чаще перевалы представляют более или менее глубокие, иногда округлой формы вырезки в горных хребтах и тогда называются *перевальными седловинами*. Перевальные седловины, чередуясь с острыми вершинами, придают горным хребтам сильно изрезанный, зубчатый вид (пилообразные хребты).

На русском языке для обозначения приметных точек в горах существуют свои выражения, иногда довольно меткие: в Сибири



Рис. 2. Древнеледниковый трог, восточный Памир.  
(фото Г. Л. Юдина).

утесистые голые вершины называют «гольцами», на Урале — «каменьями», в Казахстане и Ойротии — «таскылами»<sup>1</sup>. Иголоподобные, вообще высокие и узкие утесистые вершины — «столбами» или «зубьями» (зубцами) (Тигри-Тыши — Небесные зубы, в Кузнецком Алатау).

Отрицательные формы в горах весьма разнообразны и, как и многие другие детали морфологии, будут подробнее охарактеризованы далее, при описании горных стран. Здесь ограничимся лишь немногими замечаниями.

Наибольшим разнообразием размеров и форм в горах обладают отрицательные формы, относящиеся к категории *долин*. Их подробная классификация дается дальше.

<sup>1</sup> Если такие вершины покрыты снегами большую часть года или всегда, их называют *белками*.

Узкие горные долины с крутыми, большей частью скалистыми склонами носят название *ущелий*. Если они очень узки и склоны их круты, их называют *щелями*, *щеками*, *каньонами*, *теснинами*, *кляузами*.

Более широкие долины с крутыми склонами и вогнутым округлым днищем носят название *корытообразных долин*, или, усвоенное с немецкого языка, *трогов* (рис. 2).

Амфитеатроподобные расширенные верховья долинных систем, обычно наблюдаемые в ледниковых или подвергавшихся в прежние времена оледенению районах, называются *цирками*.

Глубокие ущелья, насквозь прорезывающие целые горные гряды, именуются *проходами*, или *воротами* (Железные ворота в Бухаре).

Узкие расселины в скалистых горах называются *каминами*. Если скалы пробиты сквозными отверстиями, то говорят, что они «*телескопированы*».

Для подавляющего большинства отрицательных форм рельефа в горах характерно то, что они обязаны своим происхождением внешним (экзогенным) агентам и не играют роли самостоятельных морфологических образований, независимых от окружающих форм (в генетическом смысле).

Прибавим еще несколько замечаний о номенклатуре полых форм рельефа. Мы уже отмечали, что большие впадины на земле, расположенные ниже уровня океана, в геоморфологии принято обозначать названием *депрессии* (депрессия Мертвого моря, Байкала, Танганьики, впадина Каспия, Люкчунская впадина у южной подошвы восточного Тянь-Шаня и пр.).

Вообще же крупные понижения рельефа, окруженные возвышенными формами, называются просто *впадинами*. Нередко такие впадины бывают заняты озерами (Зайсан-Нор, Убса-Нор, Куку-Нор и др.).

Умеренных размеров впадины округлых или почти округлых очертаний называются *котловинами*. Котловины бывают сухие или заполненные водой; в последнем случае их нередко обозначают также термином *ванны*.

Маленькие мелкие (плоские) округлые понижения в грунте, очень частые в равнинных областях, называются *блюдцами*, *западинами*.

Глубокие и узкие углубления в почве с вертикальными стенками именуются, в зависимости от своих размеров, *шахтами*, или *колодцами*. *Воронки* отличаются от колодцев тем, что кверху они расширяются, а книзу суживаются.

Наконец, *пещеры* — это полые формы, целиком или частично находящиеся под землей. Многие пещеры сообщаются с поверхностью при помощи вертикальных, прямых или прихотливо извилистых узких расселин и ходов на поверхности земли, другие свободно открываются на склонах гор или долин. Более подробно все эти полые формы будут рассмотрены в соответствующих главах настоящего руководства при дальнейшем изложении. Там же будут приведены и специальные термины, перечислять которые

здесь было бы преждевременно, так как они требуют обстоятельных геологических пояснений.

Касаясь геоморфологической терминологии, уместно сказать еще несколько слов о весьма распространенных в геоморфологической номенклатуре терминах, используемых для обозначения некоторых характерных типов ландшафтов. Часто говорят о ледниковом или древнеледниковом, моренном, дюнном, пустынном и др. ландшафте или ландшафтах. Обычно в таких случаях имеется в виду ландшафт сложного происхождения, но на который один какой-нибудь процесс или комплекс процессов (чаще всего экзогенного порядка, реже эндогенного) наложил особенно яркий отпечаток.

Горный ледниковый ландшафт, например, многими своими чертами обязан не только работе собственно ледников, но и процессам выветривания и водной эрозии. Равным образом, и при внимательном изучении пустынного ландшафта в нем часто бывает нетрудно открыть весьма существенные следы процессов, отнюдь не свойственных пустынным странам (например, следы работы древних проточных артерий). Таким образом, на указанные термины приходится смотреть, как на условные, имеющие целью подчеркнуть лишь некоторые черты, особенно резко отличающие их от других типов ландшафтов.

### Теоретические основы современной геоморфологии.

В основе современной геоморфологии лежит представление об изменчивости решительно всех форм земной поверхности: всякая форма рельефа есть явление временное, имеющее свое начало, свою историю развития и свой конец. Процесс преобразования форм рельефа называется *эволюцией*, или также *генезисом*, так как в процессе преобразования одних форм всегда зарождаются новые формы. Установление законов зарождения и преобразования форм земной поверхности и составляет главную задачу современной геоморфологии. К решению этой задачи, однако, современная наука приступила только недавно и далека еще от завершения своей работы.

Преобразование земных форм может совершаться путем постепенных плавных изменений или же с перерывами. Первое обычно имеет место при воздействии на рельеф определенного экзогенного агента. Второе — когда в ход процесса вмешивается событие эндогенного порядка или же когда работа одного экзогенного фактора резко сменяется действием другого (изменения климата). Медленные колебания земной коры (эпейрогенические) обыкновенно лишь изменяют темп, а иногда и направление процесса, не прерывая последнего.

Установление положения, что всякая совокупность форм (рельеф) с течением времени при соответствующих условиях может перейти в другую, имело существенное значение для развития современной геоморфологии. Другое важное положение заключается в том, что сходные формы могут возникать различным путем и

при разных условиях; последнее явление называется *конвергенцией* форм рельефа. С примерами мы встретимся дальше.

Известная совокупность форм, претерпевая ряд последовательных изменений, во время которых она совершенно утрачивает свои первоначальные черты, может в конце концов вновь вернуться к своему исходному внешнему виду, хотя и на иной основе. Такой круговорот преобразований рельефа принято называть *морфологическим циклом*, или просто *циклом*.

Но многие геоморфологи не совсем правильно называют также циклом совокупность последовательных изменений рельефа, совершающихся без резкого перерыва в течение определенного отрезка времени, характеризующегося господством определенных физико-географических условий.

Правильнее было бы в первом случае говорить о *полном цикле*, а во втором — о *неполном цикле*, или об *отрезке цикла*.

В зависимости от того, под влиянием какого преимущественно агента происходит преобразование рельефа, говорят об *эрозионном*, *ледниковом*, *аридном* и других циклах.

Изменения рельефа в природе совершаются, как правило, с чрезвычайной медленностью, причем отдельные этапы этих изменений по своей длительности далеко превосходят не только жизнь отдельного человека, но и целые исторические эпохи. Ясно поэтому, что ни один морфологический цикл не мог быть прослежен человеком полностью или хотя бы в значительной своей части.

Последовательные стадии любого цикла мы можем поэтому восстанавливать лишь мысленно, дедуктивно, на основании сравнительно весьма кратковременных наблюдений над деятельностью природных сил в поле.

Отсюда ясно, что для своих построений геоморфологии вынуждены широко пользоваться *экстраполированием*.

Пользование дедуктивным методом в геоморфологии хотя и может дать важные результаты, но таит в себе известные опасности. В основу дедуктивных выводов необходимо класть определенные основные положения, являющиеся исходными для всего построения. Эти положения всегда формулируются на основании результатов полевых или лабораторных наблюдений. Если последние страдают какими-нибудь качественными или количественными погрешностями, все воздвигнутое на их основе дедуктивное знание может оказаться непрочным. Между тем в геоморфологии далеко не все детали процессов преобразования форм под влиянием работы экзогенных и эндогенных сил выяснены с полной точностью. Это справедливо даже по отношению к такому агенту, как деятельность проточной воды. Кроме того, при дедуктивных рассуждениях мы невольно бываем вынуждены схематизировать, упрощать явления природы, которые в действительности гораздо сложнее, чем это может показаться с первого взгляда. Поэтому геоморфологические теории, построенные дедуктивным путем, часто страдают схематичностью, а их последователи рискуют впасть в догматизм и односторонность. Тем не менее при достаточно остро-

рожном применении дедуктивный метод не только является допустимым орудием анализа при геоморфологических работах, но и может оказать весьма ценные услуги, при условии, однако, внесения в него поправок, вытекающих из тщательной индуктивной проверки.

Наиболее широко и последовательно применил в геоморфологии дедуктивный метод известный американский географ В. М. Девис, построивший таким путем свою известную теорию «циклов эрозии», а впоследствии и других циклов (гляциального, аридного). Учение Девиса оказало глубочайшее влияние на всю современную геоморфологию. Но, страдая недостатками, проистекающими из вышеуказанных причин, оно способствовало — помимо воли самого создателя его — укоренению среди слишком прямолинейных его последователей известного догматизма.

В настоящее время мы находимся в периоде перестройки и дополнения учения Девиса на основе более углубленного и точного познания сложных процессов формирования рельефа. Как ясно из всего, что стало известно в настоящее время, эти процессы дают нам наиболее совершенный пример *циклического* развития явлений природы.

В течение цикла одни формы последовательно сменяются другими. Если бы эта смена всегда совершалась в одном и том же порядке и если бы удалось установить этот порядок, основная задача генетической геоморфологии раз навсегда была бы решена. По внешнему виду формы мы тогда могли бы безошибочно судить о том, в какой стадии цикла она образовалась. В действительности, как уже указывалось, дело обстоит гораздо сложнее.

В каждом цикле, особенно же в эрозионном, на пути от начальной фазы к конечной смена одних форм другими может происходить различным образом. Теория Девиса раскрыла нам лишь один, наиболее простой случай такой последовательной смены. Вот почему легко впасть в ошибку, придавая этому частному случаю универсальное значение.

Теория циклов Девиса, как мы видели, была разработана чисто дедуктивным путем; в Северной Америке она получила почти всеобщее признание; но в Европе, завоевав многочисленных последователей, она встретила вместе с тем с весьма серьезной критикой. Одним из наиболее язвительных пунктов учения Девиса является вопрос о закономерной смене одних «стадий» другими; для того чтобы в течение цикла, в частности эрозионного цикла, стадии всегда сменяли друг друга в одной и той же последовательности, необходимо допустить, что на протяжении всего этого времени земная кора находится в состоянии тектонического спокойствия. Однако все, что мы в настоящее время знаем о жизни литосферы, противоречит такому допущению, тем более что продолжительность полного цикла должна по самым скромным расчетам измеряться чрезвычайно продолжительными отрезками времени, эквивалентными геологическим эпохам или даже периодам.

Но этого мало: земная кора не только испытывает почти постоянно тектонические движения, но и самые эти движения, в частности эпейрогенические, в разных частях земного шара и в разные времена совершаются с неодинаковой скоростью, с неодинаковой амплитудой и с неодинаковым знаком. Легко сообразить, какие осложнения это обстоятельство должно вносить в ход эволюции рельефа в каждом отдельном случае. Таким обра-

зом падает один из основных устоев учения Девиса, которое является до известной степени идеальным.

Современный геоморфолог должен при анализе развития рельефа той или иной территории учитывать соотношения между работой экзогенных агентов, с одной стороны, и структурой, а также родом и интенсивностью движений земной коры — с другой. \* Как это впервые указал А. Пенк и впоследствии подробнее развил Г. Браун, мыслимы три рода таких соотношений.

1. Интенсивность подъема данного участка суши больше, чем денудация — в таком случае поверхность суши повышается.

2. Денудация и тектонический подъем взаимно уравновешиваются — в таком случае видимого (ощутимого) повышения рельефа не будет наблюдаться.

3. Суша опускается — в этом случае общий уровень страны испытывает понижение.

Но и в первом случае возможны варианты, в зависимости от скорости и амплитуды подъема, как об этом говорится дальше.

Несмотря, однако, на все сказанное, идеи В. М. Девиса все же и теперь сохраняют свое значение, как средства геоморфологического анализа, если только при пользовании ими не упускать из виду необходимые поправки, вытекающие из учета явлений движений земной коры в том смысле, как указано выше.

Научное направление, ставящее себе целью анализ развития рельефа в соответствии с требованиями современных тектонических представлений, Браун<sup>1</sup> предлагает называть «синтетической геоморфологией». В Западной Европе этому направлению следует большинство географов. Другое направление, представленное школой З. Пассарге, носит не совсем удачное название «физиологической геоморфологии». От предыдущего оно отличается, главным образом, тем, что строит свои выводы и обобщения индуктивным путем, следовательно является чисто эмпирическим учением. Едва ли есть надобность подробно останавливаться на доказательствах несоответствия такого направления тем требованиям, какие мы вправе предъявлять к философскому содержанию любой современной науки. Не случайно и неудивительно поэтому то обстоятельство, что геоморфологическая классификация, предложенная Пассарге, является искусственной и совершенно неудовлетворительной.

Синтетическая геоморфология требует следующего метода работ. Для изучения области необходимо прежде всего, на основании геологических данных, точно установить структуру, при условии наличия достаточно надежной топографической карты. Если таковой еще нет, ее необходимо заново построить. Не следует забывать, что для правильных геоморфологических обобщений топографическая карта столь же необходима, как и для геологических. Связь между формами поверхности и структурой лучше всего изображать блокдиаграммами, которые дают перспективный вид на рельеф с высоты и в то же время разрез структуры. Структуру и формы поверхности полезно также изображать в профиле.

Мы видели, что мера расчлененности рельефа обуславливается степенью отклонения земной поверхности от идеальной фигуры равновесия, которой является поверхность шара (вернее, эллипсоида вращения). Вот почему в процессе развития любого цикла одна категория форм играет особенную роль, а именно равнина, как форма, наиболее приближающаяся к совпадению с поверхностью идеального эллипсоида, но в действительности никогда не достигающая этого. Раз она возникла на уровне моря, то казалось бы, что достигнуто состояние равновесия, приостанавливающее возможность дальнейших существенных изменений рельефа. В действительности, однако, в природе такого устойчивого равновесия

<sup>1</sup> Gustav Braun. Synthetische Morphologie der Erdoberfläche. Zeitschr. f. Geomorphologie. B. IV. 1928. N. 1, pp. 1--7.

достигнуто быть не может, так как непрерывно действующие эндогенные и экзогенные силы постоянно вмешиваются в ход любого цикла. Равнина поэтому нередко является не только *конечной*, но и *исходной* фазой развития цикла.

Последовательность форм рельефа, закономерно сменяющих друг друга в процессе развития цикла, можно назвать *генетическим геоморфологическим рядом*.

Самый процесс преобразования и ход его обуславливаются, кроме характера действующих при этом геофизических факторов, также взаимодействием между самими формами. В геоморфологии эту генетическую связь между формами приходится учитывать не менее серьезно, чем в биологии, где значение влияния одних организмов на другие (путем борьбы за существование, комменсализма, паразитизма и пр.) давно уже твердо установлено. Поэтому мы в геоморфологии можем говорить о *генетических комплексах форм* и о *коррелятных образованиях*. Под последними мы будем разумеать образования, связанные между собою генетически таким образом, что за счет разрушения одних возникают другие (например, наклонная равнина, возникающая на окраине горной цепи за счет продуктов разрушения последней). Анализ коррелятных образований в современной геоморфологии играет весьма важную роль.

Самое явление генетической связи форм друг с другом можно называть *морфологической корреляцией*.

Принципу корреляции — зависимости эволюции одних форм от других, географически к ним близких, — в современных геоморфологических классификациях (даже в так называемых «генетических») или совсем не уделяется внимания, или уделяется слишком мало. Между тем ни одна геоморфологическая классификация не может претендовать на полную обоснованность, если она не будет учитывать зависимость развития форм рельефа друг от друга. Например, ход эволюции какой-нибудь впадины будет определяться не только ее собственными очертаниями и особенностями ее рельефа (глубиной, характером дна, рельефом этого последнего и пр.), но и особенностями рельефа и размерами окружающих эту впадину положительных форм (гор, холмов, равнинных пространств и пр.).

Так называемые параболические дюны всегда возникают за счет разрушения уже существующих грядовых дюн или вообще за счет прорывов каких-нибудь валообразных положительных форм рельефа. Барханы могут развиваться полностью только на равнинных площадях и т. д. Характер морфологии и ход эволюции долин зависят не только от характера экзогенных агентов, под действием которых они непосредственно развиваются, но и от морфологических особенностей тех положительных форм, среди которых протекает процесс их формирования: на слабо наклонном плато они будут эволюционировать совершенно иначе, чем среди холмистого моренного ландшафта, среди последнего иначе, чем в окружении эолового песчано-аккумулятивного рельефа, и т. д. Между тем во всех этих случаях сама по себе долина представляет образование, обязанное своим происхождением непосредственно деятельности проточной воды. Особенно существенное и

непосредственное воздействие оказывают одни формы на *скорость* и *темпы* преобразования других, тесно с ними связанных географическим соседством.

Из сказанного с очевидностью вытекает, что при изучении геоморфологического ландшафта мы можем и должны с полным правом выделять в его составе комплексы, или ассоциации генетически связанных друг с другом форм. При таком понимании идея геоморфологического ландшафта получает глубокий смысл и значение: отдельные его элементы оказываются связанными между собой не только пространственно, но и динамически — во всех стадиях своего развития и преобразования.

### **О влиянии тектоники на рельеф.**

Особо приходится остановиться на том влиянии, какое оказывают тектонические движения и тектонические структуры земной коры на развитие рельефа. Роль этих обоих факторов часто объединяется под общим термином *влияние тектоники на рельеф*, но очевидно, что в каждом из отмеченных выше двух случаев мы имеем дело с факторами разного рода. Вопросу этому уделяется в современной геоморфологии исключительно пристальное внимание, так как с ним связана правильная постановка коренных проблем геоморфологии.

В теории эрозионных и других циклов В. М. Девиса роль и значение структур освещены в общем достаточно полно. Что же касается движений земной коры, то в этом отношении *Девисом* было, несомненно, допущено излишнее упрощение: он именно допускал, что движения литосферы, вызывающие нарушения в плавном ходе развития рельефа, совершаются скачкообразно через большие промежутки времени, по своей длительности не уступающие геологическим периодам или эпохам, и совершаются, кроме того, более или менее однообразно. И то и другое допущение с современными воззрениями на сущность и характер тектонических движений литосферы не согласуется. Чем больше накапливается данных о движениях земной коры, тем больше становится ясным, что эти движения совершаются почти всегда то усиливаясь, то ослабляясь в своих темпах, и притом в разных странах и в разные времена амплитуды и скорости, а также самый знак их могут варьировать в широких пределах.

По справедливому указанию современных теоретиков-геоморфологов, разрабатывающих вопросы так называемой «синтетической геоморфологии», именно в неправильной оценке данного фактора кроется «ахиллесова пята» всей теории *Девиса*. Г. Браун в статье, посвященной так называемой синтетической геоморфологии, критикуя теорию В. М. Девиса, указывает, что наиболее слабым пунктом ее является как раз представление о стадиях, тесно связанное с указанным выше упрощением представлений о тектонических движениях, положенным американским ученым в основу дедуктивных построений.

Географическое распределение крупных черт рельефа и основных геоморфологических ландшафтов по поверхности земного

шара как нельзя лучше иллюстрирует решающее значение тектоники для формирования рельефа.

Обращаясь прежде всего к СССР, мы видим, что все высокогорные ландшафты нашей страны приурочены, главным образом, к молодым (альпийским) складчатым горным сооружениям (Кавказ, Среднеазиатские горные системы, отчасти горы восточной Якутии). Только на крайнем севере (на Новой Земле) мы имеем кое-где альпийские формы рельефа, приуроченные к более древним по своему геологическому возрасту горным хребтам, и такого же рода кажущиеся исключения дают нам некоторые южно-сибирские горные возвышенности (Алтай, Западный и Восточный Саяны, некоторые Прибалтийские горные хребты).

Однако детальные геоморфологические исследования наших геологов за последние годы дают полное основание утверждать, что эти горы в самом недавнем прошлом, в конце третичного и частью уже в четвертичное время, пережили фазу энергичного эпейрогенического подъема, связанного с омоложением рельефа, обусловившего их расчленение глубокими речными долинами и приобретение ими альпийских высокогорных черт рельефа. На Новой Земле этому способствовали еще и специфические условия полярного климата, с которыми связано весьма низкое положение снеговой линии, и, следовательно, интенсивное морозное выветривание даже на сравнительно небольших абсолютных высотах.

Наши крупные равнинные страны занимают участки литосферы, характеризующиеся или консолидацией, имевшей место в сравнительно отдаленные геологические времена, или же тектоническими опусканиями. В основе Русской равнины залегает фундамент из докембрийских образований, с самого начала палеозоя уже не подвергавшийся складкообразовательным движениям, а совершавший только колебательные (эпейрогенические) движения сравнительно умеренной амплитуды. Западно-Сибирская равнина располагается на месте части Азиатского континента, испытавшей в конце палеозоя или в начале мезозоя глубокое тектоническое погружение.

Среднесибирское плоскогорье покоится на массиве докембрийских кристаллических сланцев, образующих жесткий фундамент всех налегающих на них частью слабо складчатых, частью совершенно горизонтальных толщ. Вся северо-восточная Якутия представляет чередование складчатых горных хребтов и плато (Алазейское, Колымское, Юкагирское), различающихся между собой не только по рельефу, но и по истории своего геологического развития, в частности по характеру пережитых ими тектонических движений. В некоторых из этих стран отпечаток на морфологию наложили вулканические процессы, тесно связанные с тектоническими движениями (Среднесибирское плоскогорье, Камчатка).

Казахская складчатая страна с ее характерным мелкосопочным рельефом приурочена к древним складчатым сооружениям, пережившим весьма длительную субэаральную денудацию при сравнительно слабых движениях земной коры. На Урале мы имеем по простиранию хребта чередование сильно пониженных пенепленизи-

рованных отрезков со сравнительно высоко поднятым, с почти высокогорным рельефом (Северный Урал). Это чередование обусловлено неравномерными тектоническими подъемами и опусканиями различных частей Урала в геологическом прошлом (погружения и вздымания осей Уральских складок). Ход ледниковой экзарации и денудации на Кольском полуострове был в значительной мере predetermined разломами и дифференциальными движениями отдельных глыб, на которые при разломах был разбит этот древнейший участок земной коры.

Такого же рода явственную связь мы могли бы легко подметить при обзоре других частей света. Так, по всему западному побережью Северной Америки мы имеем зону высокогорных ландшафтов, совпадающую с молодыми складчатыми горными сооружениями. Наоборот, так называемые великие внутренние равнины Северной Америки расположены в области, стабилизировавшейся уже в докембрии и с тех пор испытавшей только вертикальные колебательные движения умеренного размаха. Древний материковый щит Лабрадора по рельефу напоминает наш Кольский полуостров.

Не приводя дальнейших примеров, заметим, что насколько эта определяющая роль тектоники видоизменяется и маскируется условиями физико-географическими — в частности климатической зональностью, — будет показано ниже.

Остановимся еще на некоторых основных понятиях.

Если характер пластики рельефа может быть легко объяснен воздействием господствующих в данное время внешних физико-географических условий, то такого рода формы называются *конкордантными*, а те, внешность которых не вяжется с современными климатическими условиями, *диссонантными*. Иногда первые также называют *гармоничными*, а вторые *дисгармоничными* (морены на русской равнине, «курчавые скалы» в Финляндии, древние материковые дюны в северной Германии, эрозионные долины в пустынях и пр.).

Формы, внешне сходные между собой, условимся называть *гомеопластическими*, сходные по своему происхождению — *гомеогенетическими*. Конвергенция есть лишь частный случай гомеопластизма.

Из всего вышесказанного ясно, что в понятие генезиса в геоморфологии вкладывается иной смысл, чем в биологических науках. Поэтому и классификации геоморфологические должны строиться на иных принципах, чем классификации живых организмов. Сделавшую Пассарге попытку классифицировать формы рельефа, сгруппировав их в отряды, порядки, классы, роды и виды, нельзя признать удачной.

### Палеоморфология

Вид и ход развития современного рельефа нередко определяется в немалой степени морфологией изучаемой страны в геологическом прошлом. Достаточно, например, вспомнить, какое влияние на направление и развитие современных долин северной части Европы оказали события ледникового периода, чтобы получить весьма яркую иллюстрацию сказанного. Поэтому

весьма важно бывает для полного освещения генезиса и особенностей наблюдаемого ныне облика поверхности страны восстановить хотя бы в главных чертах картину ее рельефа в предшествующие геологические моменты. Задача эта имеет в высокой степени важное научное значение; но удовлетворительное решение ее бывает связано нередко с большими трудностями. Ветвь геоморфологии, ставящую себе задачей восстановление рельефа страны в геологическом прошлом, можно назвать *палеоморфологией*.

За последние десятилетия палеогеографы и геоморфологи не раз стремились в отдельных случаях к решению данной проблемы, используя большей частью метод анализа так называемых «коррелятивных» отложений и другие признаки; но дело в большинстве случаев не шло дальше реставрации только некоторых особенно существенных и крупных элементов древнего рельефа, а палеогеографы часто ограничиваются попытками выяснить очертания суши и морских бассейнов былых эпох. Но для некоторых стран (Аппалачи, Южный Урал) удалось уже сделать немало в этом направлении. Как бы то ни было, палеогеографы не без основания считают палеоморфологию одним из основных устоев палеогеографии. Во всяком случае этой отрасли науки предстоит большое будущее, и только тогда, когда она будет поставлена на надлежащую высоту, можно будет сказать, что задача освещения геологического прошлого той или иной страны решена достаточно полно.

### О роли эксперимента в геоморфологии.

Как и в геологии, в геоморфологии опытные лабораторные исследования могут пока играть лишь ограниченную роль, и до сих пор делались немногие попытки ставить такие опыты. Главная причина заключается в том, что в лаборатории экспериментатор не имеет возможности располагать такими массами вещества и такими огромными промежутками времени, а также такими количествами энергии, какими оперирует природа в своей работе. Тем не менее целый ряд интересных проблем геоморфологического порядка может быть если не решен окончательно, то в той или иной степени освещен экспериментально. Примером могут служить интересные опыты, поставленные и описанные А. Вурмом, и имевшие своей целью выяснение некоторых вопросов экзогенной динамики и ее роли в выработке определенных типов геоморфологического ландшафта<sup>1</sup>.

Для своих опытов Вурм пользовался выработанной им установкой, позволявшей подвергать в течение более или менее продолжительного времени изготовленные из смеси цементной муки и песка модели различных типов рельефа и различного тектонического устройства действию падавшей на них сверху распыленной массы воды, имитировавшей таким образом дождь. Кроме того аппарат был так устроен, что можно было по желанию повышать или понижать базис эрозии. Таким образом, эти опыты ставили своей целью выяснение действия площадного смыва на выработку тех или иных типов ландшафта. Своими опытами Вурму удалось выяснить условия образования так называемых ступенчатых ландшафтов (см. ниже), а также выработку тех или иных профилей склонов, поверхностей выравнивания, нагорных ступеней (предгорных лестниц) и пр.

<sup>1</sup> A. Wurm. Morphologische Analyse und Experiment. 1. Schichtstufenlandschaft. Его же. Morphologische Analyse und Experiment. 2. Hangentwicklung, Flurbildung, Piedmonttreppe.

Zeitschr. f. Geomorphologie. B. IX. N 2—3, 1935.

Желая выяснить роль твердости (сопротивляемости размыву) горных пород, Вурм для постройки отдельных слоев своих моделей применял смеси различной твердости и различной окраски. Такими опытами ему удалось доказать, что слоисто-ступенчатые ландшафты могут возникать как в результате одноциклового развития, так и двухциклового денудационного процесса, т. е. когда такой ландшафт развивается из предельной равнины, испытавшей предварительно сводообразное вспучение, и тем самым показать, что правы сторонники того и другого взгляда на развитие слоисто-ступенчатых рельефов (см. текст ниже). Эти эксперименты внесли поправки в теорию развития склонов В. Пенка, в частности показали весьма важную роль в этой выработке не только выветривания и силы тяжести, как то рисовалось последнему, но и площадного смыва. Интересно, что при площадном смыве, как показал опыт, склоны, вопреки тому, что полагали ранее некоторые геоморфологи (Филиппсон), с течением времени не уплощаются, а, наоборот, становятся круче.

Точно так же Вурм имитировал в лаборатории различные случаи возникновения предгорных лестниц на склонах горных возвышенностей и, в частности, показал, что предположенный теоретически Шпрейцером, как возможный, случай выработки такой лестницы, при условии сноса денудацией серии наклонных слоев различной твердости, налегающих на массив из твердых кристаллических пород, в действительности хорошо воспроизводится экспериментально.

Несмотря на интересные результаты опытов Вурма, все же сделанное выше замечание об ограниченном значении эксперимента в решении геоморфологических проблем остается в силе. Ясно, что Вурм не получил бы таких результатов, если бы экспериментировал не искусственными смесями, а нормальными встречающимися в природе горными породами (гранитами, кварцитами, сланцами и пр.).

### **Значение геоморфологии для решения задач практического характера.**

Характер рельефа оказывает, как известно, прямое и глубокое влияние на целый ряд явлений и процессов, наблюдаемых на земной поверхности: на пути движения воздушных течений, на распределение и характер атмосферных осадков (а следовательно, и на то или иное распределение климатических районов), на расселение животного и растительного мира, на циркуляцию и режим подземных и поверхностных вод, на распределение гидрографической сети, почвенного покрова и т. д.

Не приходится особенно распространяться о том, что и человек в своей практической и хозяйственной деятельности весьма часто бывает вынужден самым серьезным образом учитывать те или иные крупные и мелкие особенности рельефа. Достаточно напомнить, насколько тщательно приходится учитывать даже мельчайшие детали при трассировании железнодорожных линий, при за-

кладке тоннелей, прорытии каналов, сооружении плотин для гидроэлектросооружений и целей обводнения, при заложении ирригационных или дренажных сетей, при устройстве водопроводов, при выборе мест для артезианских скважин, при закладке шахт, штолен, шурфов и разведочных скважин в горном деле и пр. Но здесь необходимо подчеркнуть одно обстоятельство, которое весьма нередко упускается из вида практическими деятелями: для полной оценки значения рельефа недостаточно учета одних его орографических (эмпирических) особенностей; существенную, а сплошь и рядом и решающую важность имеет также полное выяснение истории его происхождения и развития, ибо внешне сходные между собой формы часто скрывают под наружно одинаковыми оболочками различное внутреннее содержание, точное знание которого далеко небезразлично и для соображений практического свойства. Вскрыть это внутреннее содержание можно лишь путем восстановления полной картины развития данной формы или совокупности форм.

Многие отрасли народнохозяйственной жизни и практической работы вообще нуждаются для своих специальных задач во всестороннем и полном освещении условий происхождения и развития рельефа.

*Гидрогеология и инженерная геология* — при решении вопросов получения питьевых и технических вод и возведении различного рода сооружений (каналов, плотин, гидроэлектростанций, защитных дамб и пр.).

*Военное дело* — при решении вопросов возведения прифронтовых и иных военных сооружений и укреплений и получения питьевых вод для нужд армии и пр.

*Мелиорация и сельское хозяйство* — при прокладке оросительных и дренажных сетей, составлении детальных почвенно-геоботанических карт крупных коллективных хозяйств (совхозов, колхозов и пр.).

*Горное дело* — при поисках и разведках некоторых видов полезных ископаемых (алмазов, никелевых руд, бокситов и т. п.) при соображениях о выборе мест для закладки эксплуатационных и разведочных шахт, штолен, шурфов, буровых скважин и т. п., равно как при соображениях о возможной глубине зон вторичного перемещения рудного вещества в рудных месторождениях (зона окисления, зона цементации) и зон выгорания и выветривания каменных углей и пр.

Так, например, при поисках золота необходимо, как это хорошо известно практикам (проспекторам), руководствоваться, между прочим, морфологией отдельных участков речных долин при соображениях о наиболее перспективных точках возможного нахождения золота. Рудоносные кварцевые жилы часто выделяются в рельефе в виде хорошо прослеживаемых в поле гряд или гребешков. Месторождения каменной соли, боратов, нефти во многих местах связаны с куполовидными элементами рельефа (куполовидные складки), — как мы это видим в Эмбенском районе, в районе озера Индерского на побережье Мексиканского залива и пр. Серные месторождения в Кара-Кумах связаны с «буграми». При закладке артезианских скважин на воду приходится самым тщательным образом учитывать особенности морфологии данной местности. При всех этих и множестве других подобных случаев важно не

только иметь в виду чисто орографические черты рельефа, но и давать себе ясный отчет в том, как эти черты связаны с геологическим строением местности и с историей ее развития, т. е. делать уже настоящий геоморфологический анализ.

*Транспорт* — при прокладке железнодорожных, шоссейных и грунтовых путей, сооружении каналов, тоннелей, выемок и т. д.

*Городское хозяйство* — при решении вопросов санитарного устройства и оздоровления, а также водоснабжения крупных населенных пунктов (городов, фабрик, заводов и пр.), городского строительства и т. п.

Независимо от этого с особенностями рельефа приходится весьма серьезно считаться при качественной и количественной оценках различного рода дислокаций во время составления детальных геологических карт, профилей и разрезов разнообразных месторождений полезных ископаемых, что существенным образом влияет на выводы, касающиеся промышленной их ценности и способов их разработки.

Из сказанного ясно, что нет почти ни одной крупной отрасли народнохозяйственной жизни страны, которая не нуждалась бы в тщательном и всестороннем изучении рельефа с точки зрения условий его происхождения и развития. В свою очередь выдвигаемые запросами жизни и в особенности запросами социалистического строительства проблемы и задачи, равно как и добываемые при различных сооружениях результаты наблюдений и материалы, дают мощный импульс к постановке новых геоморфологических проблем и к более полному освещению старых.

Теория и практика в геоморфологии, таким образом, тесно сплетаются между собой, взаимно дополняя одна другую и сливаясь в одну стройную и обширную научную дисциплину.

### **Приемы полевого геоморфологического исследования и описания.**

Первая задача исследователя должна заключаться в сборе достаточно обильного и критически проверенного материала для всесторонней характеристики рельефа. Сюда относятся данные: 1) гипсометрические (абсолютные и относительные высоты); 2) характеризующие пространственные размеры форм; 3) внешние (геометрические) очертания последних; 4) отношения одних форм к другим; 5) общий характер рельефа, поскольку он определяется сочетанием макроформ, мезоформ и микроформ; 6) подразделение исследуемой территории на отдельные, отличающиеся по рельефу участки.

Добытые при исследовании данные фиксируются: 1) при помощи карты; 2) при помощи рисунков и фотографий; 3) посредством составления точных и схематических профилей и 4) при помощи описания.

*Топографические карты*, даже крупного масштаба и самые точные, все же являются лишь схематизированным изображением рельефа. На них часто ускользают многие весьма существенные подробности, в особенности касающиеся микро- и мезорельефа

(блюдца, воронки, карстовые шахты, карры, мелкие дюны, гривы, даже террасы и т. д.).

К сожалению, на существующих топографических картах, даже крупного масштаба, обычно не находят выражения многие детали рельефа, представляющие сугубый интерес для геоморфолога. Так, на картах с изображением рельефа изогипсами с сечением через 10 м часто оказываются невыраженными речные террасы, мелкие или даже более значительные песчаные накопления, карстовые второстепенные воронки, шахты и колодцы, блюдца, западины, земляные пирамиды и пр. Картирующему геологу (или геоморфологу) это обстоятельство доставляет немало затруднений при полевой работе. Объясняется указанный дефект, главным образом, тем, что большинство топографов не получает ни геоморфологического, ни геологического образования и потому неспособны понимать, и оценивать большую или меньшую важность отдельных деталей рельефа.

За последние годы в учебный план топографических учебных заведений стали включать геоморфологию, и это мероприятие следует всячески приветствовать. Кроме того, большую пользу в этом отношении может принести выпущенное Редбюро ГУГСК НКВД СССР в 1938 г. небольшое пособие под заглавием: «Геоморфология в изображении на картах и планах» (пособие для топографов<sup>1</sup>). Пользование этим руководством предполагает уже некоторое предварительное знакомство с горными породами и физико-географическими процессами. Впрочем, в тексте только что названного пособия в целом ряде глав даются сжатые пояснения, которые могут значительно облегчить применение указаний авторов пособия на практике даже для лиц, не получивших специальной подготовки по геоморфологии. Можно выразить пожелание, чтобы при повторных изданиях пособия авторы его разработали наиболее желательную систему индексов для обозначения таких форм рельефа, как речные террасы, песчаные накопления, земляные пирамиды, блюдца, западины, карстовые воронки, колодцы, границы поверхностей выравнивания и т. п., словом, целый ряд форм, преимущественно микро-рельефных, которые на карте не могут быть оттенены обычными методами нанесения изогипс или штриховки.

Особенно необходимо иметь в виду, что карта почти никогда не дает возможности составлять точные профили долин. Обычно тальвеги долин на картах показываются преувеличенно широкими, а профили склонов сильно уплощенными. Словом, карта сплошь и рядом не только оказывается недостаточной для получения полной и верной картины одной из наиболее распространенных и важных форм рельефа, но часто в этом отношении может даже ввести в заблуждение. Геоморфологу приходится поэтому часто дополнять топографическую карту самому путем нанесения на нее недостающих подробностей специально придуманными знаками.

О важности гипсометрического материала распространяться не приходится, и чем больше будет на данной территории гипсометрических точек, тем полнее можно характеризовать рельеф. Но последние должны быть распределены не случайно, а так, чтобы оттенять те именно особенности, которые существенно важны для геоморфолога. Так, изучая гипсометрию террас, всегда надо выбирать определяемые высотные точки так, чтобы они располагались вдоль бровки и у основания террас, чтобы выяснить относительное превышение террас над тальвегами долин и крутизну их склона. В горах необходимо фиксировать гипсометрическими точ-

<sup>1</sup> «Геоморфология в изображении на картах и планах». Пособие для топографов. Изд. Редбюро ГУГСК НКВД СССР. Москва, 1938.

ками вершины и перевалы, а на склонах те места, где наблюдаются изломы; в долинах собрать материал, достаточный для составления продольного и поперечного профилей. При изучении котловин и вообще впадин, занятых водой, необходимы промеры глубин и т. д. Таким образом, собирание гипсометрического материала составляет важную задачу всякого геоморфологического исследования, и соответствующие приборы для высотных определений (анероиды, нивелиры, высотомеры и пр.) должны входить в состав полевого снаряжения геоморфолога, как непременная принадлежность.

Располагая надежной картой и достаточным гипсометрическим материалом, можно составлять профили, имеющие первостепенное значение для характеристики рельефа. О ценности точных профилей (с соблюдением горизонтального и вертикального масштабов) говорить не приходится.

Но часто бывает весьма полезно прибегать и к *схематическим профилям*, где работник в интересах наглядности намеренно выделяет и подчеркивает те подробности, которые с его точки зрения представляются особенно ценными и на точном профиле могут быть затусованы менее существенными деталями.

Большую пользу может принести постройка так называемых *гипсографических кривых*, наглядно рисующих общий характер рельефа больших участков земной коры и относительное участие в них площадей различной абсолютной высоты (средней). Для постройки таких кривых откладывают на оси абсцисс отрезки, пропорциональные площадям, занятым частями страны, для которых имеются характеристики средних величин (высот), а на ординатах — соответствующие средние высоты. Кривая, соединяющая вершины ординат, даст в таком случае довольно близкое представление об особенностях устройства поверхности соответствующего участка суши или дна водного бассейна.

Зарисовка и фотографирование являются могущественным подспорьем при геоморфологических исследованиях и описаниях. Фотографическая камера далеко не всегда может дать желательное представление о тех деталях рельефа, которые исследователю представляются наиболее важными. В таких именно случаях на помощь должен прийти рисунок эскизный или полный. Подобно схематическому профилю, и рисунки неизбежно несут на себе отпечаток субъективности, но именно это-то обстоятельство во многих случаях и составляет их ценную сторону. Поэтому можно убедительно рекомендовать геоморфологам не упускать случая научиться искусству рисования вообще, а в особенности рисования перспективного, равно как основательно изучить начертательную геометрию.

Особый вид схематических перспективных рисунков, получивших широкое применение в современной геоморфологии и действительно могущих оказать в деле геоморфологического освещения изучаемой территории весьма ценные услуги, представляют так называемые *блокдиаграммы* (рис. 3). Блокдиаграммами называются такие схематизированные изображения рельефа, по которым можно одновременно получить представление и о геоморфо-

логии и о геологическом строении района. Представляя как бы телесные вырезки земной коры, они дают таким образом возможность наглядно судить о связи устройства поверхности с геологическим строением. Путем соответственного комбинирования

блокдиаграмм, специально для этой цели нарисованных, геоморфолог может дать представление также и о последовательных стадиях эволюции рельефа.

Громадную роль в геоморфологии начинают играть широко практикуемые в последнее время *фотографические снимки с самолетов и дирижаблей*. Их значение особенно велико для изучения макрорельефа, между тем как мезорельеф и микро-рельеф на них зачастую утрачиваются. Не подлежит сомнению, что в будущем аэросъемка приобретет в геоморфологии исключительно важное значение, особенно на территории СССР, где имеются такие большие пространства трудно доступных районов (рис. 4).

Коснувшись морфологии, уместно будет сказать несколько слов о так называемых средних величинах, которыми иногда пользуются и теперь, когда речь идет о характеристике рельефа. В прежние времена методом вычисления средних величин, характеризующих

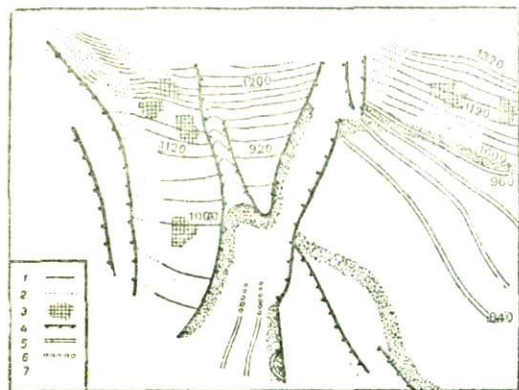
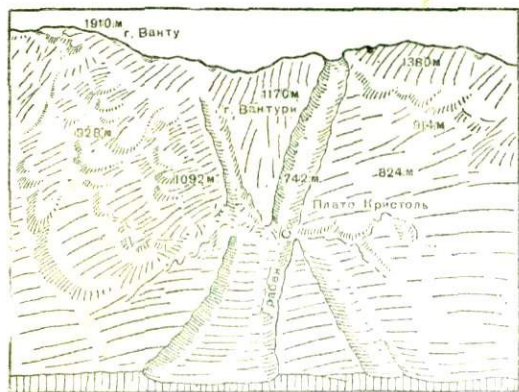


Рис. 3. Перспективная блокдиаграмма плато Ванту.

Наверху — вид с юга. Внизу — очертания эоценовой и миоценовой поверхностей выравнивания при взгляде отсюда же: 1 — изогипсы эоценовой поверхности (через 64 м); 2 — изогипсы, реконст. урванные в тех же местах, где поверхность пострадала от эрозии; 3 — характерные отложения эоценовой поверхности; 4 — сбросы и флексуры; 5 — изогипсы миоценовой поверхности (через 40 м); 6 — изогипсы, восстановленные в местах, где поверхность пострадала от эрозии; 7 — современные границы останков миоценовой поверхности.

те или иные стороны морфологии страны (средняя высота гор, средняя высота перевалов и т. п.), пользовались очень широко. В современной геоморфологии к ним прибегают не столь часто по той причине, что именно средние цифры способны отвлечь внимание от многих деталей, коренным образом отличающих одну страну от другой. Если ими и пользуются, то преимущественно для характеристики очень крупных геоморфологических единиц и

для специальных целей, как-то: при определении средней высоты континентов, средней глубины внутриконтинентальных водных бассейнов, средней высоты обширных плато или равнин, среднего высотного положения снеговой линии (что имеет важное значение для выяснения морфологии областей древнего оледенения в горных странах, и пр.). Часто приходится прибегать к средним цифрам для характеристики наклона ложа долин или же уклона обширных равнинных пространств и пр.

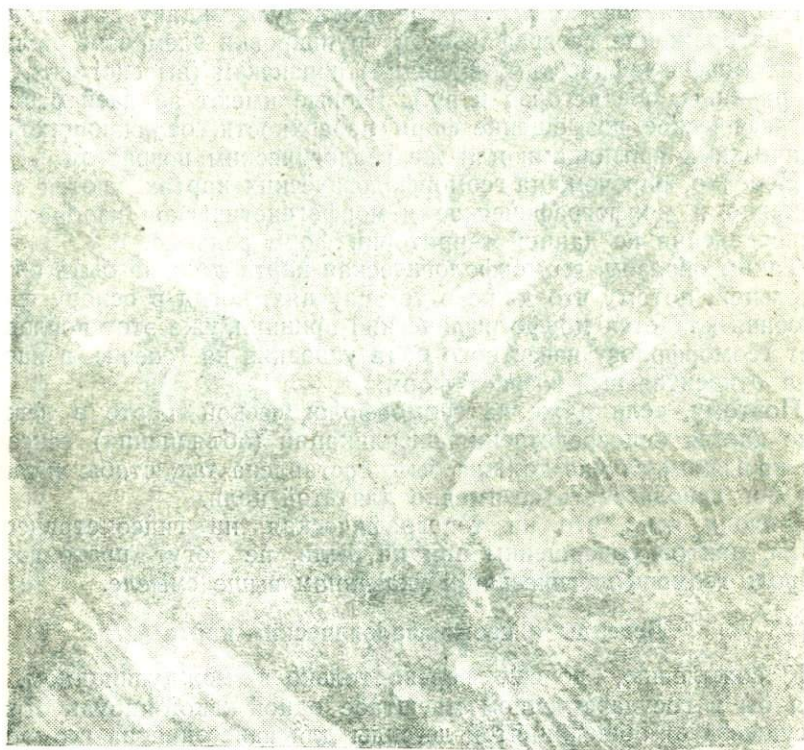


Рис. 4. Вид с самолета. Высокогорный рельеф с озером, горный Алтай.

Методы вычисления средних величин в каждом отдельном случае различны. Так, для вычисления средней высоты перевалов можно просто брать среднее арифметическое из высот известных перевалов. Для расчета среднего наклона ложа долины или реки делят цифру, выражающую превышение ее вершины над устьем, на длину долины. Для вычисления средней высоты целых стран определяют при помощи планиметра или иным способом площади, занятые участками различной высоты над уровнем моря, выражают их в процентах по отношению к общей площади и суммы произведений площади на соответствующую высоту делят на общую площадь.

## Геоморфологические карты.

Карту, на которой тем или иным способом изображены данные, рисующие геоморфологические особенности известной территории, называют *геоморфологической*.

Не следует смешивать геоморфологическую карту с орографической. Последняя должна дать по возможности объективное изображение рельефа на основании данных полевой топографической съемки безотносительно к его происхождению.

Геоморфологические карты могут быть или *морфографическими* или *морфогенетическими*. Первые преследуют задачу дать наглядное изображение географической группировки элементов рельефа по их морфографическим (внешним) признакам (высокогорья, плато, равнины, среднегорья и пр.). Вторые имеют задачей осветить географическое размещение форм поверхности, отличающихся генетическими признаками или же геологическим возрастом.

Нередко, впрочем, на геоморфологических картах даются одновременно и морфографическое и морфогенетическое изображения распределения по данной территории форм рельефа.

Таким образом, геоморфологическая карта должна быть объяснительной, потому что даже в тех случаях, когда в основу ее построения кладется морфографический принцип, уже этот последний дает геоморфологу известного рода указания на генезис, а иногда и на относительный возраст форм.

Поэтому, если даже на геоморфологической карте в легенде и не дается непосредственно экспликации (объяснения) генезиса, она во всяком случае должна быть составлена так, чтобы читатель сам мог использовать ее именно для этой цели.

Отсюда ясно, что ни топографическая, ни гипсометрическая карты, как бы совершенны они ни были, не могут претендовать на роль геоморфологической в указанном выше смысле.

### Легенды к геоморфологическим картам.

К сожалению, до сих пор не только в международном, но хотя бы в государственном масштабе одной какой-нибудь страны не существует общепринятой легенды для нанесения на геоморфологическую карту тех или иных данных. Разработка такой легенды остается делом будущего. Пока каждый автор прибегает к тем знакам, какие считает для себя наиболее подходящими: отсюда пестрота и разнообразие существующих легенд и раскраски геоморфологических карт, равно как и самых принципов их составления (рис. 5).

Составление геологической карты должно предшествовать компоновке геоморфологической, так как развитие рельефа лишь тогда может быть понято правильно, когда известно геологическое строение страны. В тех случаях, когда дело касается обзорных карт мелкого масштаба, достаточно бывает сильно схематизированной геологической карты.

Что касается *условных знаков*, то, как уже указывалось, выбор их предоставляется усмотрению автора: можно пользоваться или



красками, или хашурой, или другими какими-либо обозначениями. Иногда довольствуются тем, что разделяют на карте пограничными линиями районы, отличающиеся друг от друга в геоморфологическом отношении, а самые районы обозначают цифрами или буквами, относя их объяснительное описание целиком в текст.

Если орографические элементы, даже относительно мелкие, различаются между собой и морфогенетически, то для оттенения их

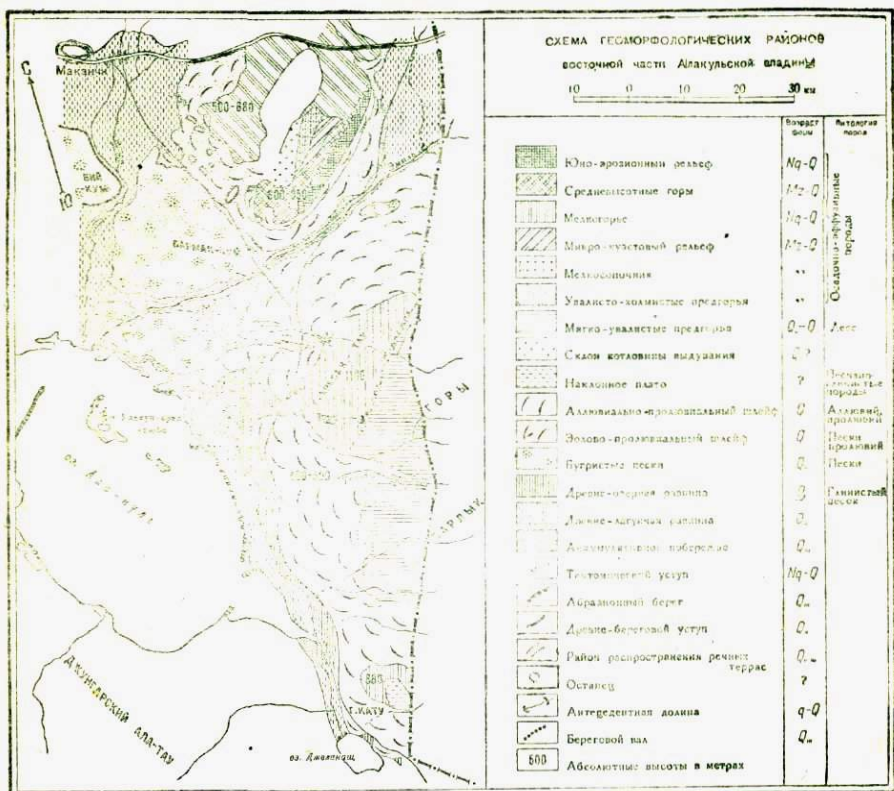


Рис. 6. Схема геоморфологических районов восточной части Алакульской впадины.

достаточно бывает использовать краски и в легенде привести названия этих элементов для того, чтобы карта получала геоморфологическую ценность и ясность.

После того как на карте тем или другим способом выделены районы или группы форм, геоморфологическое истолкование которых требует более сложных или подробных пояснений, соответствующая экспликация дается в легенде или в тексте, или же и в том и в другом. В зависимости от теоретических взглядов и метода анализа будет находиться и то, что автор считает важным оттенить на составляемой карте: *морфографические* их черты, *генети-*

ческие особенности форм рельефа, геологический возраст их и т. д.

Надо, впрочем, заметить, что в настоящее время у нас делаются попытки унификации геоморфологических легенд. Подробная легенда для составляемой геоморфологической карты Европейской части СССР в масштабе 1 : 2 500 000 разработана, как говорилось уже, Институтом географии Академии наук СССР.

Независимо от этого Ленинградским Географо-экономическим Научно-исследовательским институтом (ГЭНИИ)<sup>1</sup> разработан проект геоморфологической легенды, применение которой к определенному району приводим здесь как пример (рис. 6).

Однако ни легенда Института географии Академии наук СССР, ни легенда ГЭНИИ не признаны общеобязательными, и потому пока еще рано говорить об унификации геоморфологических легенд. Для того чтобы такая унификация была проведена в жизнь, требуется постановление авторитетного высшего научного учреждения или съезда, санкционированное правительственными органами.

Необходимой предпосылкой для составления геоморфологической карты должна служить прежде всего надежная топографическая основа с нанесением орографии и гипсометрических данных. Для макрорельефа можно пользоваться картами даже мелкого масштаба; для микрорельефа необходимы карты с возможно частыми изогипсами.

Большую службу геоморфологу может сослужить также и геологическая карта, которую рекомендуется составлять независимо от геоморфологической карты. Лишь в некоторых случаях бывает допустимо совмещение на одной и той же карте и геологических и геоморфологических данных. Чаще всего на одной и той же карте публикуются данные по четвертичной геологии и геоморфологии.

Сказанным достаточно определяется все разнообразие и внешнего вида и внутреннего смысла геоморфологических карт, в чем легко убедиться, сравнивая между собой изданные различными авторами геоморфологические карты (рис. 5, 6, 7).

Но такое отсутствие единообразия и согласованности между различными авторами, как уже отмечалось, нельзя, разумеется, признать нормальным явлением: несомненно, оно объясняется молодостью геоморфологии, как науки. Мы уже говорили выше, что унификация методов составления геоморфологических карт и теперь вполне назрела, и, надо думать, в недалеком будущем она станет на очередь в международном масштабе, как это уже сделано для геологических карт.

Несколько топографическая (орографическая) и геологическая карты являются необходимой предпосылкой для составления хорошей геоморфологической карты, настолько же в свою очередь правильно составленная геоморфологическая карта может оказать неоценимые услуги при геоботанических, фитоценологических, почвенных, климатологических и других исследованиях.

<sup>1</sup> Проект геоморфологической легенды составлен сотрудницей ГЭНИИ З. А. Сваричевой.

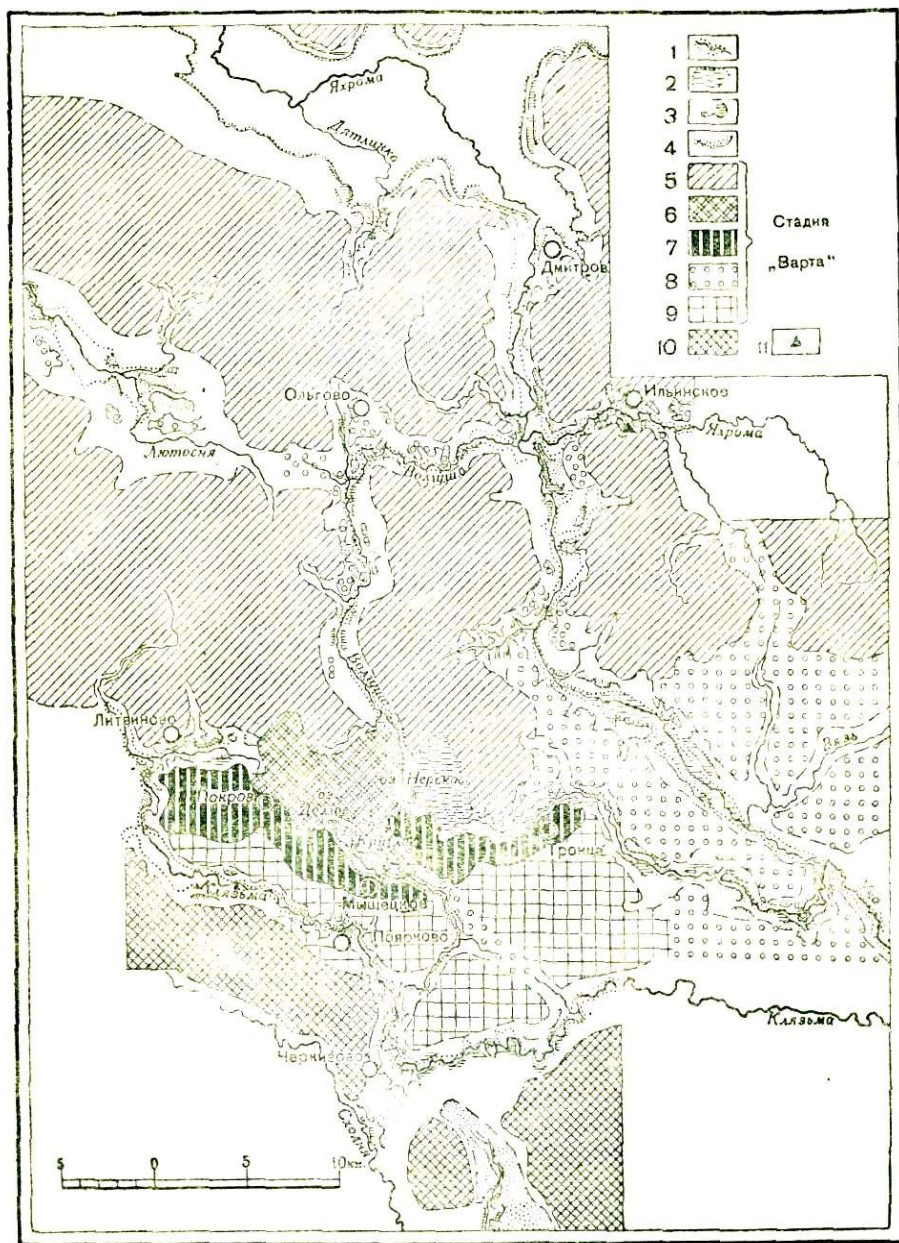


Рис. 7. Геоморфологическая карта Клино-Дмитровской гряды (по Шпрейцеру)

1 — современная пойма; 2 — междуречные болота; западная современными наносами область Нерского озера; 3 — нижняя, первая надпойменная терраса эпохи главной стадии отступления вюрмского ледника (вюрм II); 4 — верхняя, вторая, надпойменная терраса эпохи максимального распространения вюрмского леденения (вюрм I); 5 — плоско-волнистый аккумулятивный ледниковый ландшафт; 6 — конечно-моренный ландшафт; 7 — конечно-моренные гряды; 8 — флювиогляциальные отложения потоков; 9 — защдры; 10 — древняя планта основной морены рисской эпохи.

## Геоморфологические профили.

Кроме карт, некоторые авторы стали давать и *геоморфологические профили* целых районов. Такие профили очень полезны, так как на них: 1) нередко можно лучше и нагляднее, чем на карте, оттенить соотношения одних групп форм к другим и 2) можно отчетливее изобразить геологический возраст, литологию и тектонику той геологической основы, на которой развился определенный комплекс форм. Только что сказанное предполагает, что на таком профиле автор старается изобразить не только собственно самые формы в том виде, как они рисуются в проекции на плоскость чертежа, но и наполнить их геологическим содержанием. Иногда же будет бесполезно на таких профилях оттенить и некоторые физико-географические моменты, например, распределение растительного или почвенного покрова, грунтовых вод, мерзлоты и т. д.

### Описание.

Картами, профилями, блокдиаграммами, рисунками, фотографиями, как бы совершенны они ни были, ни в каком случае не могут исчерпываться задачи геоморфологической характеристики района. Синтетически осмыслить рельеф и в особенности дать картину его происхождения и развития может только живое, предметное описание. Но последнее должно восполнять именно то, чего нехватает другим перечисленным выше методам. Не надо забывать, что рисунок, чертеж и снимок характеризуют состояние отдельных форм и всего рельефа в целом только в определенный, строго фиксированный во времени момент, между тем как устройство земной поверхности есть нечто постоянно меняющееся, эволюционирующее. Поэтому главным содержанием всякого геоморфологического описания должны служить именно моменты соотношения друг к другу различных категорий форм и моменты исторического порядка, а также все то, что может способствовать уяснению последних. Следовательно, задача описания преимущественно *объяснительная*, а не *изобразительная*.

Кроме того, описание должно быть во возможности сжатым и избегать загромождения подробностями, особенно такими, которые сам читатель может получить из карты или другого иллюстративного материала. Чем подробнее описание, тем сильнее рядом более смутной вызывает картина, возбуждаемая им в уме читателя. Сл этим нередко случается забывать исследователи особенно молодые, думая себе, что можно на основании одного только описания составить себе полное представление о рельефе страны.

Особенно, впрочем, не есть единственный способ при помощи которого исследователь может ознакомиться других с результатами своих изысканий: той же цели он может достигнуть и двумя способами. Во-первых, посредством устного сообщения, посред-

ством ряда докладов; наконец, и приготовленный для опубликования в печати или для прочтения в каком-нибудь научном собрании манускрипт может носить различный характер и может быть составлен по различным методам. Вопросу этому посвящает специальную главу Девис в своем известном руководстве, озаглавленном «Объяснительное описание морфологии суши»<sup>1</sup>.

Девис различает шесть наиболее употребительных методов сообщений о результатах полевых географических исследований, независимо от того, будут ли они устными, рукописными или опубликованными в печати. Он обозначает их названиями: повествовательный, индуктивный, аналитический, исторический, систематический и региональный. Каждый из этих методов имеет свои преимущества, но и — прибавим от себя — недостатки.

*Повествовательный* метод применяется, когда хотят дать предварительное общее сообщение об исследовании или путешествии по новой стране.

*Индуктивным* методом пользуются в том случае, когда излагают сравнительно простые результаты исследований, при которых большой фактический материал приводит к отчетливым данным.

*Аналитический* метод применяется при обширных изысканиях, при которых приходится выбрать одну какую-нибудь гипотезу из нескольких, чтобы найти желательное объяснение.

*Исторический* метод заключается в составлении обзора работ прежних исследователей.

*Систематический* метод сводится к сопоставлению друг с другом и расположению в определенной системе результатов ряда исследований.

Наконец, *региональный* метод является венцом географического исследования и заключается в описании определенного ландшафта. Перечисленные методы могут, конечно, варьировать и комбинироваться одни с другими, равно как ими не исчерпываются все возможные методы.

Остановившись подробнее на сущности каждого из названных методов, Девис отмечает следующие их особенности<sup>2</sup>:

*Повествовательный* метод является самым простым из всех: он преследует цели не столько поучения, сколько занимательного рассказа. Он особенно пригоден для доклада в аудитории, состоящей не из очень высококвалифицированных слушателей; поэтому здесь рекомендуется не злоупотреблять специальной технической терминологией, а использовать преимущественно общепонятные, популярные выражения. Докладчик или автор, пользуясь этим методом, в хронологической последовательности излагает результаты своих наблюдений, работ и переживаний в общем в том порядке, как они записывались в дневнике, включая, разумеется, и объективные наблюдения над природными явлениями. При этом рекомендуется умело выбирать материал из дневника, чтобы избе-

<sup>1</sup> W. M. Davis, Die erklärende Beschreibung der Landformen. Berlin, 1924.

<sup>2</sup> Приводим идеи Девиса в сильно сокращенном виде.

жать утомительного однообразия и скуки изложения и выдвинуть на первый план важнейшие результаты.

В самом начале полезно дать ясное общее представление о предмете доклада и в конце — сжатое резюме достигнутых результатов и главных выводов. В собрании ученых этим методом можно пользоваться в том случае, когда последовательные стадии кабинетной или полевой работы настолько же незаурядны, как и результаты, к которым они, в конце концов, привели. Автор рекомендует пользоваться этим методом студентам, когда они в первый раз выступают с сообщением в коллоквиуме. Правда, студенту нелегко сразу достаточно искусно применить этот метод на деле, но все же самый опыт его применения принесет ему несомненную пользу.

В отличие от предыдущего *индуктивный* метод описывает факты и впечатления не в хронологическом порядке, а в тщательно продуманной последовательности таким образом, чтобы от самых простых явлений постепенно переходить к более сложным и, наконец, к хорошо обоснованным выводам. Главная ценность этого метода состоит в том, что автор или докладчик ведет здесь слушателя или читателя наиболее коротким путем от наблюдений к выводам. Пользование им особенно удобно в том случае, когда автор располагает обширным материалом по не очень сложной проблеме и когда аудитория состоит из слушателей, склонных принимать на веру без особой критики то, что говорит докладчик. Когда сама аудитория состоит из слушателей такой же или даже более высокой подготовки, чем докладчик, или когда исследование охватывает обширную область или сумму сложных проблем, предпочтительнее пользоваться методами, о которых речь будет ниже (аналитическим, региональным). При индуктивной трактовке теоретическая критика вообще не дается легко, так как тут относительно много места уделяется отдельным явлениям в ущерб выводам.

Существенное отличие *аналитического* метода заключается в стремлении исследователя обрисовать отдельные этапы, давшие ему возможность из полевых наблюдений путем испробования различных гипотез прийти, в конце концов, к наиболее плодотворной теории (по его мнению). Ясно, что этим методом приходится пользоваться в тех случаях, которые требуют основательной теоретической проработки материала для восполнения полевых наблюдений, равно как и тогда, когда приходится иметь дело с различными, расходящимися между собой, воззрениями. Выступая перед аудиторией, способной к глубокой критической оценке высказываемых воззрений, докладчик должен обнаружить уменье приводить в пользу своих взглядов достаточно веские доводы и доказательства.

При использовании этим методом важно уже в самом начале доклада формулировать главные теоретические положения, чтобы дать возможность слушателям или читателям иметь их в виду, когда излагаются результаты полевых наблюдений, гипотезы и дедуктивные построения. Если доклад касается геоморфологиче-

ской проблемы и если при этом автор для обоснования своих положений углубляется в анализ прошлых этапов развития рельефа, он этим самым как бы «является на это время больше геологом, — говорит Де в и с, — чем географом, но он может все же подчеркнуть свою принадлежность к избранной им отрасли знания тем, что выяснит и для самого себя и для слушателей, что, как бы он не углублялся в прошлое, основная цель, которую он при этом преследует, заключается все-таки в наилучшем описании современных явлений».

Преимущество аналитического метода в сравнении с другими методами заключается в том, что он с большей полнотой и с большей ясностью позволяет автору изложить те ступени и те основания, которые привели его к принятию данной, признаваемой им наиболее правдоподобной теории. Само собой разумеется, что автор в максимальной степени должен объективно обсудить приемлемость различных теорий и гипотез, прежде чем отдать предпочтение одной из них, избегая при этом какой бы то ни было предвзятости. Вот почему Де в и с считает этот именно метод наиболее плодотворным в применении к объяснительному описанию форм рельефа.

Относительно значения *исторического* метода можно добавить к тому, что уже говорилось раньше, немного. Если автор стремится дать исчерпывающую историю развития идей независимо от того, устарели ли они или нет, то такого рода очерк будет, в сущности, скорее историческим, чем географическим. Если же при изложении истории развития мысли из множества материала выбираются только те труды, которые являются определенными моментами в постепенном формировании научных достижений, увенчиваемых современными идеями, то такого рода очерк приобретает высокую ценность и с чисто географической и геоморфологической точек зрения. Именно в таком разрезе и рекомендуется в геоморфологических работах предпочтительно пользоваться историческим методом.

Метод *систематический* сводится, в противоположность региональному, к систематическому описанию явлений, независимо от их распространения, т. е. при нем обращают внимание, главным образом, на сходства и различия родственных объектов, с тем чтобы затем дать их описание эмпирическое или объяснительное. Словом, здесь является целью научная классификация предметов и явлений по признакам сходства или различия. Предметом такого описания могут быть любые формы, как крупные, так и более мелкие (горы, равнины, плато, реки, долины, меандры и пр.).

Общий классификационный принцип заключается в том, что первоначально подразделяют какую-нибудь группу сходных форм по различному значению одного какого-нибудь признака, общего всем им. Берут, например, структуру, как лежащую в основе всякой формы, и затем делают дальнейшее подразделение группы на основе различий в этой структуре, начиная от самых простых и кончая более сложными. Далее, учитывая то, что все формы в той или иной степени подвержены воздействию внешних аген-

тов, проводят дальнейшее подразделение по признаку внешнего фактора, действовавшего на каждое подразделение, и т. д. Для успешного применения систематического метода необходимо предварительно хорошо овладеть аналитическим методом; достаточный опыт в применении всех перечисленных методов является также необходимой предпосылкой для овладения умением давать общие описания определенных областей и районов, т. е. для составления региональных очерков, представляющих конечную цель всякого научного исследования.

*Региональное* описание может быть чисто эмпирическим, как это обычно имело место в прежние времена, когда география еще не вышла из стадии накопления фактического материала и не поднялась до глубокого анализа и широких генетических обобщений; или же оно будет содержать и эмпирический и объяснительный элементы, которые и составляют главную ценность и смысл современных географических, в том числе и геоморфологических монографий. Региональное объяснительное описание лучше всего начинать с наиболее характерных черт данной территории и, кроме того, очень полезно с самого начала предпослать сжатый общий обзор всего района, чтобы сразу же дать слушателю или читателю представление об основных чертах страны.

Вебер и Милановский обращают внимание на то значение, какое имеет для правильного понимания целого ряда особенностей рельефа учет способности различных толщ горных пород сопротивляться разрушительной работе денудационных агентов (размыва, выветривания, дефляции и пр.). При изучении истории развития рельефа того или иного района Милановский советует, после тщательного геологического исследования его, составлять особые «колонки сопротивляемости денудации», аналогично тому, как составляются колонки стратиграфические и литологические. На таких колонках сопротивляемость денудации слоев, принимающих участие в геологическом строении района, обозначается какими-нибудь условными знаками, причем принимаются во внимание способность пород выщелачиваться химически, их водопроницаемость, трещиноватость и т. д. Колонки такого рода, по мнению Милановского, можно пользоваться для углубленного анализа целого ряда особенностей рельефа, преимущественно тех, развитие которых относится к сравнительно отдаленным геологическим временам и которые присущи так называемым структурным чертам рельефа, так как на них с особой отчетливостью сказывается значение геологического состава.

Но этим методом следует пользоваться пока с осторожностью, принимая во внимание, что на сопротивляемость пород денудации влияют не только их литологические свойства, но и тектоника, особенности климата, наконец, и фацциальные изменения литологических свойств самих слоев.

## КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЛАВНЫХ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ГЕОМОРФОЛОГИИ КАК НАУКИ.

Если откинуть встречающиеся в научной литературе древних времен единичные попытки объяснения отдельных форм рельефа (например, у Страбона или Сенеки), то в общем развитии геоморфологии как науки можно выделить три основных периода.

*Первый период* обнимает время от середины XVII до конца XVIII столетия. В Западной Европе за это время появился ряд трудов общегеографического и в особенности геологического содержания, авторы которых попутно затрагивают также вопросы характеристики и происхождения форм рельефа. Так, в классической монографии Бернгарда Варрениуса, изданной в Амстердаме в середине XVII столетия («Общая география» — «Geographia generalis»), впервые было дано систематическое описание форм земной поверхности. Но особенно много внимания, по вполне понятным причинам, уделяли генезису рельефа геологи при построении своих, тогда еще весьма спекулятивных, «теорий земли» (Хеттон, Пляйфер, Вернер и др.). Они затрагивали при этом не только общие проблемы расчленения земли на континенты, острова, равнины, горы и т. д., но и пытались осветить роль геологических сил и процессов в их происхождении. Среди ученых нашей страны отдельные гениальные по своей интуиции мысли о связи движений земной коры с формами рельефа мы находим у Ломоносова; знаменитый академик Паллас один из первых осветил вопрос о связи между структурой гор и их формой. Но при всем том крайняя скудность фактического материала и наблюдений, бывших в распоряжении ученых того времени, исключала возможность связать эти порой весьма интересные мысли и идеи в одно стройное целое, заслуживающее названия науки.

Вторая половина XVIII столетия и начало XIX ознаменовались обширными, охватившими многие бывшие до того малоизвестными страны путешествиями выдающихся естествоиспытателей (Форстер, фон-Гумбольдт и др.). Ими собраны были огромные материалы по характеристике природы, в том числе и устройства поверхности новых обширных стран во всех частях света. В то время чрезвычайно умножились и углубились описания форм

рельефа и в самой Европе. Естественно явилась потребность внести систему в эти сырые материалы, создать научную классификацию форм рельефа.

Наступает *второй период* развития интересующей нас науки, когда господствовало стремление прежде всего давать точное описание внешних особенностей форм земной поверхности, сопоставлять сходное и формально разделять различное. При таких условиях генетические моменты отступают на второй план, а главное значение начинают придавать чисто внешним характеристикам и описаниям. Наиболее ярким представителем этого описательного, орографического, направления в геоморфологии был знаменитый Риттер, в монументальном труде которого «Азия» нашло себе наиболее яркое отражение это орографическое направление.

В нашей стране наиболее видными последователями риттеровской методики были П. П. Семенов-Тянь-Шанский и П. А. Крапоткин. Надо, впрочем, заметить, что и до сих пор в трудах немалого числа наших географов можно уловить отголоски влияния риттеровского направления, выражающиеся в смешении геоморфологии с орографией<sup>1</sup>.

Описанный только что период дал, однако, немало и весьма положительных результатов. Прежде всего был накоплен обширный материал по характеристике разнообразнейших морфологических элементов земной поверхности, а также подмечен ряд весьма примечательных особенностей в очертаниях континентов, островов и во взаимных отношениях суши и моря. Собраны обширнейшие материалы по гипсометрии и морфометрии, что немало способствовало более правильному изображению на картах рельефа. Разработаны методы вычисления средних морфометрических данных (средних высот континентов и горных хребтов, средних уклонов и высот каких-либо особенно важных с хозяйственной точки зрения элементов рельефа, например, перевалов и т. п.). Внесена известная система, правда, в значительной степени искусственная, в распределение морфологических форм по категориям, что сделало легче обозримой всю совокупность черт земного лица и позволило ярче подчеркнуть отличия в этом отношении одних частей суши от других. Все это вместе взятое подготовило почву для решения тех основных проблем геоморфологии, которые были выдвинуты на первый план в третий период, именно проблем происхождения и развития форм земной поверхности.

*Третий период* — от последней четверти прошлого столетия до настоящего времени — может быть охарактеризован, как период постепенного возникновения и укрепления науки о рельефе земной

---

<sup>1</sup> Справедливость требует, однако, оговорить, что своими работами о ледниковом периоде Крапоткин, равно как ряд других наших ученых, как, например, В. В. Докучаев, С. Н. Никитин, Н. А. Северцов, В. А. Ласкарев, В. Г. Абих, А. П. Карпинский, Д. Л. Иванов, А. Ф. Миддендорф, П. И. Кротов и др., своими исследованиями и описаниями способствовали развитию нового генетического направления в геоморфологии.

поверхности, самостоятельной ветви естественно-исторических дисциплин, — геоморфологии. Любая отрасль знания только тогда может претендовать на полноправное место в ряду других наук, если она обладает определенной, строго очерченной сферой компетенции, самостоятельной методикой, возможностью строить рациональную классификацию и вместе с тем выявить закономерности, управляющие подлежащими ее ведению явлениями и предметами. Современная геоморфология как наука удовлетворяет этим требованиям в высокой степени, и следовательно, имеет полное право на существование в качестве самостоятельной дисциплины. Но возможность возникновения и развития в качестве таковой, кроме отмеченного выше накопления обширного фактического и описательного материала, обусловлена была также быстрым прогрессом физической геологии и физической географии, открывших существо процессов, лежащих в основе формирования элементов рельефа. Первостепенное значение имело также и то, что идеи эволюции постепенно глубоко проникли в мирозерцание ученых геологов и географов и что поэтому их благотворное влияние сказалось также и в сфере геоморфологии. Новые течения, приведшие в конце концов к зарождению генетической морфологии, начали пробиваться во второй половине прошлого столетия почти одновременно и независимо в целом ряде стран: в Северной Америке, Германии, Скандинавии, Англии, Швейцарии, России и пр. Особенное значение в Северной Америке имели работы Дена, Пууэля, Гильберта; в Англии — Рамзея и Гики (Арчибальда и Джемса); в Швейцарии — Рютимейера, Гейма, Бальцера и др.; во Франции — де-Лаппарана, де-ла-Ноэ и Маржери; в России — Крапоткина, Докучаева, Павлова, Мушкетова и др.; в Германии — Оскара Пешеля, Рихтгофена, Альбрехта Пенка и др.; в Скандинавии — Торреда, Гольста и др.

Наибольшее значение имели труды Пешеля, Рихтгофена, А. Пенка (по геоморфологии вообще) в Европе, Пууэля и в особенности Девиса в Северной Америке, а затем по отдельным важным разделам геоморфологии труды различных исследователей по изучению ледникового периода в Альпах, северной Европе и Северной Америке.

В частности Пешель (1869) в своей работе («*Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde, als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche*», 3-е изд. Leipzig, 1878) первый поставил в литературе вопрос о проблемах, выдвигаемых новым направлением физической географии, а следовательно, и геоморфологии. Позже Рихтгофен (1883) посвятил этому вопросу специальную работу; а затем опубликовал свою инструкцию для научных путешественников («*Führer für Forschungsreisende*», Hannover, 1901), отметившую новую эпоху в развитии геологии и географии и многие десятки лет служившую настольной книгой для всех научных исследователей — книгу в значительной мере не утратившую своего значения и до сих пор. Здесь мы уже находим вполне стройную, детально разработанную генетическую классификацию форм зем-

ной поверхности. Наконец, А. Пенк (1894) опубликовал свой монументальный труд о морфологии земной поверхности («Morphologie der Erdoberfläche» Stuttgart, 1894), положивший незыблемую основу генетической морфологии, как самостоятельной ветви географических наук. К этой книге постоянно приходится обращаться и теперь всякому геоморфологу и геологу.

Независимо от Европы геоморфология развивалась самостоятельными путями в Северной Америке, где множество цепнейших наблюдений и идей по развитию и возникновению рельефа суши в зависимости от движений земной коры и работы внешних агентов было собрано целым рядом ученых, главным образом геологов, при детальном исследовании горных цепей в западных штатах и в Аппалачах. Новое направление научной геоморфологии ясно намечилось уже в работах Гильберта, Дена. Поуэля и др.; но полный и всесторонний синтез этих идей и наблюдений дал в своих многочисленных трудах Дэвис, который, наряду с Рихтгофеном и А. Пенком, по справедливости должен считаться одним из основных творцов современной геоморфологии. Его идеи, в особенности его учение о циклах эрозии и методы объяснительного описания форм рельефа вообще, чрезвычайно быстро распространились за пределы Северной Америки и оказали громадное влияние на развитие европейской науки, так как Дэвис неоднократно имел случай пропагандировать свои взгляды с кафедры в европейских университетах и аудиториях.

Таким образом, конец прошлого (два последних десятилетия) и начало текущего столетия надо считать моментом окончательного утверждения генетической геоморфологии, как самостоятельной науки.

Нельзя при этом не отметить двух сопутствующих обстоятельств, сыгравших в этом прогрессе существенную роль. Так как современные формы земной поверхности развиваются преимущественно на покрове четвертичных отложений, а в северных странах — в северной Европе и в Северной Америке — в составе этого покрова ледниковые отложения играют особенно важную роль, то понятно, что успехи геоморфологии были теснейшим образом связаны с успехами познания ледниковых отложений. Так оно в действительности и было. Вот почему капитальные труды А. Пенка и Брюкнера по изучению ледникового периода в Альпах, затем работы скандинавских ученых Торрелля, Гольста, позже де-Геера, Энквиста, Мунтерса, Заурама и др. у нас труды Крапоткина, в Северной Америке работы Райта, Пэмелли, Антевса и многих других имели такое огромное значение для развития современной геоморфологии.

Вторым моментом, сыгравшим важную роль в этом отношении, явилось мощное развитие картографии, которая из младенческого состояния в XVII и XVIII столетиях, постепенно совершенствуя свои методы, как съемочные, так и изобразительные, поднялась до высоты науки, дающей способы наглядного изображения пластики и гипсометрии на картах; таким образом появилась возможность не только правильно изображать распространение и

сочетание отдельных форм земной поверхности, но и производить научный анализ этих сочетаний и соотношений не только в поле, но и в кабинете. Для правильного развития геоморфологии это имело первостепенное значение.

Работы Рихтгофена, Девиса и А. Пенка оказали чрезвычайно глубокое и плодотворное влияние на развитие современной геоморфологии. Заложенные в них идеи изменчивости форм земной поверхности во времени и пространстве, закономерного развития их в зависимости от того или иного сочетания движений земной коры с воздействием на литосферу внешних агентов получили теперь всеобщее признание и придали геоморфологическим исследованиям сугубый смысл и интерес. Мало того, А. Пенк и особенно Девис показали, что при последовательном проведении этих принципов морфологический анализ является одним из весьма могущественных методов для восстановления прошлой истории тех или иных участков земной коры и, следовательно, может и должен занять в геологии такое же важное место, как методы палеонтологический, стратиграфический, фациальный и пр. В некоторых случаях, когда только что перечисленные методы оказываются бессильными дать ответ на интересующие геолога вопросы, в частности, когда речь идет о темпах и амплитудах движений земной коры в прошлом, на помощь приходит геоморфологический анализ. Таким образом, будучи детищем геологии, эта наука в настоящее время оказывает неоценимые услуги своей материнской науке. Нет поэтому ничего удивительного в том, что в настоящее время геологи уделяют геоморфологическим проблемам все больше и больше внимания.

Первая треть текущего столетия характеризуется чрезвычайно быстрым развитием геоморфологических исследований во всех странах мира. Мы имеем теперь прекрасные описания не только развитых стран, в которых изучение рельефа производилось с давних времен, каковы, например, Альпы, Пиренеи, Карпаты, Франция, северная Германия, Англия, Скандинавия, Северная Америка и пр., но и отдаленнейших областей — в Африке, Австралии, Арктике и даже в Антарктике. Геоморфологическая литература за последние десятилетия приобрела поистине необозримые размеры.

Что касается СССР, то уже в дореволюционное время русская наука могла вписать в свой актив ряд замечательных работ по характеристике отдельных категорий рельефа: таковы уже упомянутые труды Крапоткина по ледниковым явлениям, работы покойного академика Павлова о происхождении равнин, работы В. В. Докучаева, работы Н. А. Соколова о дюнах, работы Крубера о крымском карсте и ряд других трудов. Но в общем все же до революции большинство характеристик рельефа нашей страны носило орографический или чисто морфометрический эмпирико-описательный характер, и в них мы тщетно стали бы искать анализа форм земной поверхности в том аспекте, какой требуется современной геоморфологией. Таковы работы, сами по себе весьма ценные, Миддендорфа, Чер-

ского, Тилло, Ганфильева, Шокальского и др. Только в самом начале текущего столетия в нашу страну стали постепенно распространяться новые идеи. Но все же до Великой Октябрьской социалистической революции развитие геоморфологии в России шло очень медленными темпами, и в этом отношении наша наука сильно отставала от зарубежных стран.

Резко изменилось положение после Великой Октябрьской социалистической революции в связи с необычайным ростом и расширением геологических и географических исследований территории СССР. Потребность в точном познании устройства поверхности нашей страны, важное значение, какое имеет научное освещение рельефа для решения ряда актуальных проблем строительства (сооружение плотин, проведение каналов, грунтовых и железных дорог, постройки элеваторов, сооружений военного значения и т. д.), первенствующее значение такого освещения для решения вопросов генезиса почв, распределения растительного покрова, для климатических условий и пр. вызвали огромный по своему размаху подъем геоморфологических исследований. В университетах учреждаются кафедры геоморфологии (Ленинград, Москва). Чрезвычайно быстро растут кадры молодых геоморфологов. Многочисленные экспедиции и отдельные ученые начинают изучать формы поверхности отдельных территорий СССР под углом зрения требований современной науки, т. е. с точки зрения их происхождения, развития, геологического возраста и значения для освещения палеогеографических проблем. Советская литература по геоморфологии начинает быстро догонять литературу зарубежных стран как по своему объему, так и по своей научной ценности: в ней насчитывается сейчас ряд трудов первостепенного значения и интереса (работы Маркова, Григорьева, Соболева, Варсановьевой, Дубянского, Гаеля, Герасимова, Деметьева, Шукина, Добрынина, Н. Н. Соколова, Рихтера и др.). В этих работах публикуется немало геоморфологических карт. Для «Большого советского атласа мира» уже составлены геоморфологические карты мелкого масштаба для Европейской части СССР и Кавказа. Чрезвычайно много способствовало прогрессу геоморфологического познания территории СССР детальное изучение покрова четвертичных отложений на пространстве Европейской части СССР. Материалов оказалось так много, что в настоящее время Географический институт Академии наук СССР мог уже составить, как отмечалось, геоморфологическую карту Европейской части СССР в масштабе 1 : 2 500 000, которая уже готова в рукописи. Словом, теперь уже недалеко то время, когда рельеф если не всей площади нашей страны, то, по крайней мере, главных ее составных частей будет изучен и освещен не хуже, чем других стран.

## ГЛАВА III.

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ И СОСТАВЕ ЗЕМЛИ.

Географическое распространение и группировка морфологических ландшафтов в значительной мере определяются крупными чертами тектонической структуры и тесно с ними связанными общими морфологическими особенностями нашей планеты. Немаловажную роль тут, несомненно, играют также размеры земного шара и вещественный состав (литогия) как всей планеты в целом, так и отдельных ее участков и господствующие внутри нее физические условия.

Поэтому изучению собственно морфологии суши небесполезно будет предпослать некоторые основные сведения о составе, строении и общей морфологии земли.

#### Форма и размеры земного тела.

Земля обладает формой, приближающейся к эллипсоиду вращения, т. е. представляет *сфероид*, сплюснутый у полюсов.

По Клерку элементы этого сфероида следующие:

Экваториальный радиус (большая полуось) — $a$ . . . . .	6 378,249	км
Полярный радиус (малая полуось) — $b$ . . . . .	6 356,515	" "
Длина окружности экватора . . . . .	40 075,72	" "
Длина меридиана . . . . .	40 007,47	" "
Площадь поверхности земли . . . . .	510 100 800	кв. км
Объем земли . . . . .	1 083 204 965 400	(кругло $1083 \times 10^9$ ) куб. км

Хейфорд дает несколько отличные цифры:

Большая полуось — $a$ . . . . .	6.378,388 км
Малая полуось — $b$ . . . . .	6.356,969 »

Таким образом, разница между большой и малой полуосями составляет около 21 км.

$$\text{Величина сжатия земли } \frac{a-b}{a} \text{ по Клерку } \frac{1}{293}$$

$$\text{„ „ „ „ Хейфорда } \frac{1^1}{297}$$

$$\text{В среднем величину сжатия можно принять равной } \frac{1}{296}$$

Плотность земли в среднем равна 5,6

Масса земли (в круглых цифрах) составляет  $6064 \times 10^{21}$  кг

<sup>1</sup> Мы оставляем здесь без рассмотрения разницу между большой и малой полуосями экватора, ввиду ее небольшой величины.

Благодаря наличию континентальных выступов со сложным устройством поверхности и океанических впадин с разнообразным рельефом ложа, действительная фигура земли значительно отклоняется от замкнутой фигуры сфероида вращения.

Указанные неровности оказывают некоторое влияние на форму поверхности уровня поля тяжести, собственного земле.

Если бы мы представили себе сеть каналов, прорезающих по всем направлениям континенты и соединяющих друг с другом океаны, и затем вообразили замкнутую поверхность такого рода, что в пределах океанов она совпадала бы со средней поверхностью этих последних, а в пределах континентов — с поверхностью воображаемых каналов, то мы получили бы фигуру, в любой точке которой отвесная линия принимает направление, нормальное к ее поверхности. Такая воображаемая фигура получила в науке название *геоид*.

По своим очертаниям геоид в общем близок к сфероиду вращения земли: в пределах континентов его поверхность отклоняется от поверхности сфероида вращения на величину всего лишь от 50 до 150 м, в пределах же океанов как уже сказано, она почти полностью совпадает с водной оболочкой земли.

Из сказанного ясно, что поверхности уровня поля тяжести, порождаемые массой вращающейся земли, т. е. геоида, сохраняют, несмотря на значительные неправильности земной поверхности, довольно правильную форму, очень близкую к эллипсоиду вращения, т. е. к той форме, которую приняла бы земная поверхность, если бы земля во всей своей массе была жидкой. Это обстоятельство весьма примечательно, так как можно было бы ожидать, что крупные неровности земной поверхности (океаны и континенты) оказывают сильное искажающее влияние на форму геоида.

Отсутствие в действительности такого сильного искажения можно объяснить только тем, что то избыточное притягательное действие выступов суши (континентов и крупных островов) и недостаток притяжения впадин, какого можно бы ожидать, в действительности компенсируются (уравновешиваются) меньшей плотностью масс под первыми и большей — под вторыми.

Явление это, установленное наблюдениями еще в середине прошлого столетия легло в основу учения о так называемой *изостазии*, т. е. учения о равновесии масс в земной коре. В дальнейшем нам придется попутно касаться значения явлений изостазии для развития форм земной поверхности.

В последние годы появились работы, авторы которых доказывают, что в действительности поверхность геоида гораздо сильнее отклоняется от поверхности сфероида, чем это принимается обычно. Но эти утверждения требуют еще дальнейшей проверки и подтверждения.

Причина указанного выше неравномерного распределения плотности в земной коре зависит от внутреннего строения и вещественного состава земного тела, о чем необходимо сказать несколько слов.

## Внутреннее строение земли

Более достоверные представления мы можем составить себе о составе и строении лишь самой наружной земной оболочки толщиной в несколько десятков километров. О более глубоких частях мы можем судить лишь предположительно, на основании данных о среднем удельном весе нашей планеты, на основании наблюдений над распространением внутри земли сейсмических колебаний (сейсмических волн) и отчасти косвенно, по аналогии со строением и составом тех осколков небесных тел, которые от времени до времени падают на землю в виде так называемых *метеоритов*. Совокупность всех данных такого рода позволяет с уверенностью говорить о том, что земля обладает концентрически-зональным строением, т. е. состоит из концентрических оболочек различной плотности и различного вещественного состава, отделяющихся друг от друга более или менее резкими граничными поверхностями. Относительно глубины залегания этих поверхностей взгляды большинства ученых в общем сходятся. Что касается вещественного их состава, то в этом отношении существует некоторое расхождение во мнениях. По Гольдшмидту (V. M. Goldschmidt. Die geochemischen Vertei-

lungsgesetze der Elemente. Videnskaps Selskapet Skrifter. 1928) наиболее вероятным представляется такое строение земли (рис. 8):

1. Самая наружная оболочка земли, которую принято обычно называть *земной корой*, мощностью около 120 км, состоит главным образом, из силикатов и потому может быть названа *силикатной оболочкой*. Средняя плотность ее равна 2,8.

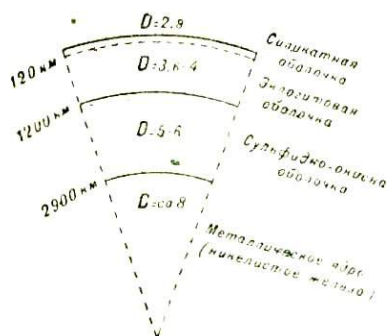


Рис. 8 Схематический разрез земного шара (по Гольдшмидту).

2. Ниже, приблизительно до глубины 1200 км, идет так называемая *эклогитовая оболочка*, состоящая из находящихся под большим давлением основных силикатов и обладающая средним минералогическим составом, близким к эклогиту (к горной породе зернистой, реже сланцеватой структуры, состоящей, главным образом, из омфацита и граната, часто с примесью смарагдита, каринтина или роговой обманки).

3. Далее, до глубины 2900 км, следует зона, состоящая преимущественно из окисных и сернистых соединений и называемая поэтому *сульфидно-окисной зоной*. Ее средняя плотность равняется 5—6.

4. Наконец, самая внутренняя часть земли состоит из самородных металлов, главным образом из никелевого железа с примесью кобальта и пр. По своему составу она сходна с железными метеоритами. Средний удельный вес ее составляет около 8, а в центре земли доходит до 11,5.

Мы не останавливаемся на других схемах строения глубоких частей внутренней земли, так как собственно для геоморфологии этот вопрос не имеет существенного значения.

Коснемся еще только вкратце строения наиболее важной для нас силикатной оболочки, носящей в геологии наименование *литосферы*.

### Строение литосферы.

Самая внешняя зона литосферы, состоящая по преимуществу из пород, состав которых характеризуется преобладанием алюмосиликатов и кварца, получила, по предложению Зюсса, наименование *силь*, или, как теперь охотнее говорят, *сиаль* (Sial). В ее сложении главную роль играют породы осадочные и кристаллические, характера гранитов и гнейсов. Средний удельный вес ее равен приблизительно 2,7. Она не образует сплошной оболочки вокруг всего земного шара: сиальными массами слагаются, главным образом, выступы земной коры (континентальные массивы), между тем как на дне океанов они или совершенно отсутствуют (например, на дне Тихого океана), или же залегают лишь сравнительно тонким слоем (как можно предполагать на основании сейсмических данных, на дне Атлантического океана). Средняя мощность сиаль около 16—20 км; под континентами она, возможно, местами сильно утолщена, до нескольких десятков километров.

Под сиальной оболочкой залегают образующие сплошную зону вокруг всей земли *симатическая зона*, названная так Зюссом по преобладанию в ее составе горных пород, богатых содержанием магнезианов (и железистых) силикатов (Sima). Она представлена до глубины около 120 км, главным образом, базальтами (*базальтовая зона*, по Дэли). Граница между симатической и выше лежащей сиальной (*гранитной*, по Дэли) зонами весьма неправильна: в пределах океанов она образует выступы, над континентами, наоборот, местами глубоко опускается вниз. Плотность ее в среднем около 3—3,2. Ниже 120 км она переходит в уже упоминавшуюся эклогитовую оболочку Гольдшмидта, идущую до глубины 1200 км<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В схеме Гольдшмидта название «сима» прилагается и к этой эклогитовой зоне.

В смысле физико-химических условий, в которых находятся минеральные массы, литосфера, по Ван-Хайзу, распадается на следующие зоны:

1. Верхняя зона *катаморфизма*, или *распада*. Она характеризуется умеренными температурами и умеренными давлениями; этим определяется и направление совершающихся в ней химических реакций. Последние идут, главным образом, в направлении превращения более сложных соединений в более простые, ведут к увеличению молекулярного объема вновь образующихся минеральных соединений и сопровождаются выделением тепла. Типичными для этой зоны являются реакции гидратации, окисления и вытеснения кремнекислоты из ее соединений углекислотой.

Зона катаморфизма в свою очередь подразделяется на две подзоны или пояса:

а) *пояс выветривания* (кора выветривания), где только что указанные реакции окисления, гидратации и карбонизации идут наиболее интенсивно: этот пояс простирается вниз до уровня грунтовых вод;

б) *пояс цементации*, в котором реакции окисления отступают на задний план и где происходит цементация горных пород минеральными соединениями, выпадающими из растворов, притекающих сверху.

Благодаря умеренному давлению и умеренной температуре, горные породы в зоне катаморфизма реагируют на динамические напряжения, как хрупкие тела (за исключением таких по своему своему характеру пластичных пород, как, например, глины); поэтому данной оболочке Ван-Хайз предложил присвоить название *зоны хрупкости*.

2. Ниже зоны катаморфизма идет зона *анаморфизма*, или образования сложных силикатных соединений. Она характеризуется большими давлениями и высокими, доходящими до точки плавления горных пород, температурами. Направление химических реакций противоположно тому, что имеет место в зоне катаморфизма, т. е. здесь из окислов, карбонатов и гидратов образуются силикаты, почти всегда безводные и обладающие меньшими молекулярными объемами, чем те, из которых они произошли.

Толщи горных пород, находящиеся в зоне аноморфизма, по причине отмеченных условий, подвергаются региональному метаморфизму и находятся, кроме того, в состоянии пластичности, почему Ван-Хайз и дал ей название *зоны пластичности*, или *зоны текучести*, горных пород.

В результате регионального метаморфизма горные породы в зоне аноморфизма превращаются в кристаллические сланцы.

Само собой разумеется, что эти процессы идут тем интенсивнее, чем глубже залегают толщи горных пород. Поэтому Бекке и Грубенманн предложили всю зону аноморфизма подразделить в свою очередь на три подзоны или пояса: верхнюю (*эпизону*), среднюю (*мезозону*) и нижнюю (*катазону*).

Для верхней характерно преобладание филлитов, кварцитов, порфиритов, конгломератовых сланцев, серпентинитов, эпидотовых, хлоритовых и других сланцев.

Для средней — слюдяных сланцев, гранатовых сланцев, эпидозитов, гранулитов, амфиболитов, слюдяных гнейсов, роговообманковых гнейсов, ставролитовых сланцев, нефритов, мраморов, кварцитов и т. п.

Для нижней — биотитовых, кордиеритовых, силлиманитовых, пироксеновых, гранатовых гнейсов, гранатово-слюдяных сланцев, жадеитов, авгитовых пород, эклогитов и т. п.

На одностороннее давление породы в пределах этой зоны реагируют, как пластичные тела. В зоне аноморфизма еще возможно существование пустот до глубины около 30 км.

Залегающая ниже магматическая зона находится не в жидком, а в твердом и сильно нагретом, а потому (принимая во внимание также тяготеющее над ней высокое давление) пластическом состоянии.

То обстоятельство, что подкоровые массы внутри земли находятся хотя и в твердом, но в то же время в сильно нагретом пластическом состоянии, обуславливает способность литосферы совершать медленные вертикальные положительные и отрицательные движения, так называемые *эпидросмические* движения, имеющие огромное значение в развитии рельефа как всего земного шара, так и отдельных его частей. Дело в том, что такие сильно нагрет-

тые, находящиеся под громадным давлением массы реагируют на быстрые механические удары, как твердые тела, а на медленные механические усилия — как вязкие жидкости. Неровности рельефа земной поверхности (горные возвышенности и впадины) с течением времени меняют свой вид: горы, денудируются, снижаются, впадины заполняются аккумулятивным материалом. В результате вес тяготеющих над подкорковыми массами отдельных отрезков литосферы с течением времени меняется, а это имеет своим следствием возникновение медленных перемещений в подкорковых массах.

Ниже мы еще вернемся к рассмотрению вытекающих из этих перемещений изменений рельефа земной поверхности. Кроме того, нельзя упускать из вида, что в местах, где подкорковые массы внезапно или вообще быстро освобождаются от тяготеющего над ними давления, они переходят в расплавленное, жидкое состояние, производя в благоприятных для того частях земной коры вулканические извержения, следовательно, также оказывают и таким путем непосредственное влияние на морфологию земли.

### Химический состав внешней зоны земной коры.

Для полноты прибавим еще несколько слов о химизме внешней оболочки нашей планеты, так как и этот вопрос не может не интересовать геоморфологов.

Достоверные представления о химическом составе имеются только для наружных 16 км земной коры. На основании нескольких тысяч анализов изверженных горных пород<sup>1</sup> Клэрк и Вашингтон вычислили следующий элементарный состав наружной оболочки земной коры (в процентах):

Кислород . . . . .	46,59	Фосфор . . . . .	0,13
Кремний . . . . .	27,72	Водород . . . . .	0,13
Алюминий . . . . .	8,13	Марганец . . . . .	0,10
Железо . . . . .	5,01	Сера . . . . .	0,052
Кальций . . . . .	3,63	Барий . . . . .	0,50
Магний . . . . .	2,90	Хлор . . . . .	0,048
Натрий . . . . .	2,85	Хром . . . . .	0,037
Калий . . . . .	2,60	Углерод . . . . .	0,032
Титан . . . . .	0,63	Фтор . . . . .	0,030

Процентное содержание других элементов в составе земной коры выражается гораздо более ничтожными величинами, например: 0,010% меди, 0,004% цинка, 0,002% свинца.

По Гольдшмидту, главными составными частями земной коры являются следующие соединения, представленные в виде окислов (в процентах):

SiO <sub>2</sub> . . . . .	59,12	MnO . . . . .	3,49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	15,34	K <sub>2</sub> O . . . . .	3,13
CaO . . . . .	5,08	H <sub>2</sub> O . . . . .	1,15
Na <sub>2</sub> O . . . . .	3,84	TiO <sub>2</sub> . . . . .	1,05
FeO . . . . .	3,81	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,299
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,08		

Вашингтон на основании существующих анализов и определений сделал интересную попытку сопоставить средние плотности горных пород, слагающих отдельные континенты и дно отдельных океанов, со средними высотами и глубинами этих отрезков литосферы. В общем при этом как будто устанавливается, что чем выше континент, тем в среднем легче слагающие его массы; чем, наоборот, ниже данная часть земной коры, тем она плотнее:

<sup>1</sup> Осадочные породы можно при этих расчетах не принимать во внимание, так как они являются производными от изверженных.

	Средняя вы- сота и глу- бина в м	Плотность
Северная Америка . . . . .	700	2,76
Южная . . . . .	580	2,75
Европа . . . . .	300	2,76
Азия . . . . .	950	2,73
Африка . . . . .	650	2,75
Австралия . . . . .	350	2,79
Антарктика . . . . .	—	2,84
Дно Атлантического океана . . . . .	4116	2,85
„ Тихого . . . . .	4520	3,05

Сопоставление анализов показало вместе с тем, что более тяжелые части литосферы слагаются более основными горными породами.

Впрочем, для некоторых континентов и океанов число имеющихся анализов слишком еще мало для того, чтобы можно было считать этот важный вопрос разъясненным во всех подробностях.

Из приведенных выше данных видно, что главное участие в составе наружной земной оболочки принимают в основном 12 элементов, которые входят в нее в количестве 98,63%. На долю других приходится ничтожно малое процентное содержание. При всем том некоторые из этих последних элементов (как, например, сера, углерод и др.) играют в жизни земного шара и в геологических процессах вообще весьма видную роль.

## ОБЩАЯ МОРФОЛОГИЯ ЗЕМЛИ.

Уже отмечалось, что сиалевая оболочка не представляет сплошного покрова на земном теле, а во многих местах прервана, уподобляясь, таким образом, ключьям разорванного плаща, через который просвечивают глубоко лежащие части земного шара. Вместе с тем эти занятые Siаl поля представляют выступы земной поверхности, а промежутки между ними — понижения. Выступы соответствуют континентам и островам, понижения заняты водными бассейнами. Взаимоотношения тех и других и их общее расположение на поверхности нашей планеты в высшей степени примечательны и заслуживают вдумчивого анализа, тем более, что соотношения суши и моря оказывают прямое и решительное влияние на ход и на темпы развития рельефа.

Первое, что бросается в глаза при общем обзоре устройства земной поверхности, — это резкая асимметрия в расположении выступов (континентальных массивов и островов) и впадин (океанов и морей). Континентальные массы, занимающие по площади меньше одной трети всей поверхности земли, сосредоточены, главным образом, на одной стороне, а океанические бассейны — на другой стороне земного шара.

По Косина, площадь мирового океана составляет 361 059 200 кв. км, остальное приходится на долю суши. Таким образом, соотношение площади воды к суше равняется 2,43 : 1,0. При этом в северном полушарии вода занимает 60,66%, суша 39,34%, а в южном — вода 80,92%, суша 19,08%. Это дает основание говорить о *водном* и *континентальном* полушариях, разумея под этим, что мысленно мы могли бы так разделить земной шар, чтобы на одной стороне пришлось большая часть континентальных масс, а на другой — океанические бассейны. Очевидно, что в ходе развития земного шара создались условия, вызвавшие сосредоточение сиалевых масс на одной стороне нашей планеты.

Вегенер высказал предположение, что первоначально весь Siаl слал единый материковый массив (так называемый *пангеа* Вегенера), который впоследствии раскололся на отдельные части, удалившиеся друг от друга путем медленного передвижения по пластической подкоровой симатической массе.

Асимметричное расположение впадин и выступов на поверхности земли и связанное с ним антиподальное расположение суши

и моря особенно резко выступают при сопоставлении полярных областей. Арктика занята округлым, почти замкнутым морским бассейном, глубина которого в области Северного полюса достигает, как показали исследования Папанинской экспедиции на Северный полюс, 4370 м слишком. Антарктика, наоборот, представляет округлый материковый массив, в высших своих точках близ Южного полюса поднятый над уровнем моря на 3100 м слишком. Таким образом, поверхность литосферы у Северного полюса располагается почти на 7 км слишком ближе к центру земли, чем у Южного. Благодаря этому земной шар приобретает некоторое подобие грушевидной формы.

Доминирующая роль впадин в определении общей физиономии земли может быть еще нагляднее оттенена следующими цифровыми данными:

По Косина, объем суши над уровнем моря (примерно 125 млн. куб. км) относится к объему воды в мировом океане (1370 млн. куб. км), как 1 : 11. Объем же всей континентальной массы земли составляет 600 млн. куб. км. Если бы эту массу скрыть и заполнить ею неровности морского дна, то земля покрылась бы сплошной водной оболочкой в 2697 м глубиной.

Вычисление ареалов глубинных зон моря, дополненное ареалами высотных ступеней суши, по Вагнеру, дало возможность Косина подразделить литосферу на следующие высотные зоны, или ступени:

1. *Горные возвышенности*, обнимающие все части суши выше 1000 м абсолютной высоты. Они занимают по площади около 40 млн. кв. км. Средняя высота этого отрезка земной коры 2040 м.

2. *Континентальная, или материковая, платформа* от 1000 до 200 м, покрывающая круглым счетом 136 млн. кв. км, при средней высоте 230 м.

Нижняя часть материковой платформы залита морем и образует так называемую *материковую отмель*, или *шельф*, представляющую не что иное, как залитые морскими водами краевые части континентов. Глубина моря над шельфом не превышает 200 м, а среднюю глубину моря над шельфом Косина принимает даже меньше 100 м и считает ее скорее заключенной между 50 и 70 м. Площадь шельфа, по Косина, составляет около 27,5 млн. кв. км. (по Крюммелю и Вагнеру — 30,6 млн. кв. км). Ширина шельфа местами доходит до нескольких сот километров (например, у северных берегов Сибири), местами, наоборот, суживается почти до полного исчезновения (например, у берегов Чили).

Собственно в океанах шельф играет по площади относительно весьма незначительную роль; во внутренних же морях материковая отмель занимает относительно самый большой ареал.

3. *Континентальный скат (склон)*, простирающийся от 200 до 2440 м, т. е. от границы материковой отмели до среднего уровня земной поверхности. Площадь континентального склона около 39 млн. кв. км; средняя глубина моря над ним около 1270 м.

4. *Глубокое море* — расположено между глубинами 2440 и 5750 м. Площадь равна 284 млн. кв. км, т. е. более половины земной поверхности; средняя глубина 4420 м.

5. *Глуководные пучины (борозды)* — ниже 5750 м занимают всего 11 млн. кв. км. Средняя глубина их 6100 м.

Изложенные только что соотношения наглядно иллюстрируются гипсографической кривой земной поверхности, построенной Косина; она четырьмя изломами делится на пять отрезков, соответствующих охарактеризованному выше 5 высотным поясам литосферы (рис. 9).

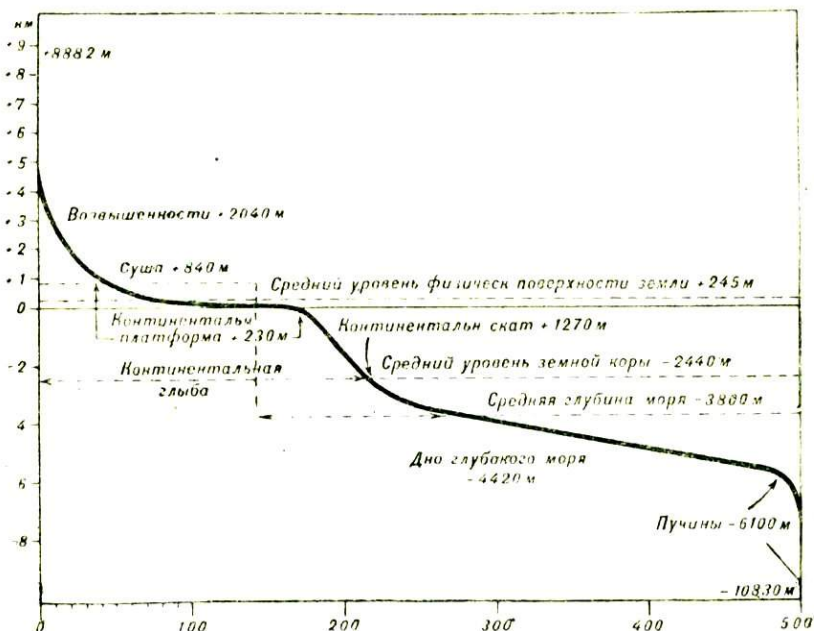


Рис. 9. Гипсографическая кривая земной поверхности (по Косина).

Площади отдельных океанов и континентов и их средние высоты и глубины видны из следующей таблицы:

Название	Площадь в млн. кв. км	Средн. вы- сота и глу- бина в м
Тихий океан . . . . .	180,0	4030
Атлантический океан . . . . .	92,3	3300
Индийский . . . . .	75,0	3900
Северный Ледовитый океан . . . . .	14,1	1170
Евразия . . . . .	54,2	830
Африка . . . . .	29,8	650
Северная Америка . . . . .	24,1	709
Южная Америка . . . . .	17,8	590
Австралия . . . . .	8,8	350
Антарктика . . . . .	14,0	—

## Мировой океан.

Для общего хода развития морфологии суши существенное значение имеет то обстоятельство, что воды, заполняющие впадины литосферы, образуют сплошную, окружающую все континенты водную оболочку — *мировой океан*.

Высотное положение поверхности мирового океана определяет собой меру возможного вертикального расчленения экзогенными агентами рельефа суши и тот нижний предел, до которого в общем совершается снос с нее материала в результате действия этих внешних агентов. Мы будем в дальнейшем называть эту ровную поверхность *мировым базисом эрозии*. При этом имеет значение не только гипсометрическое положение мирового базиса эрозии, но и горизонтальное расстояние его краевой зоны (береговой зоны океана или моря) от того или иного возвышенного участка суши. Неоднократно имевшие место в геологическом прошлом колебания этого уровня, связанные с изменением площади мирового океана, должны были неизбежно оставить свои следы на рельефе континентов и островов, и отыскание этих следов, их точное описание и картирование являются одной из первоочередных задач современной геоморфологии. Самые эти следы нередко дают нам в руки драгоценное орудие для восстановления многих важных моментов не только в ходе этих колебаний, но и в истолковании вызвавших их причин. Не следует при этом упускать из вида, что колебания уровня океана могли обуславливаться или тектоническими причинами (подъемы и опускания суши), или изменениями уровня океана, зависящими от климатических факторов или же от изменений в скорости вращения земли вокруг оси (*эвстатические колебания уровня океана*). Геоморфологические исследования в ряде случаев дают возможность пролить свет и на характер этих колебаний.

### Крупные черты устройства поверхности суши.

Отметим еще некоторые, имеющие общее значение черты устройства поверхности суши.

При знакомстве с рельефом материков прежде всего бросаются в глаза два громадной длины пояса высоких гор, из которых один — меридиональный — со всех сторон окружает Тихий океан, а другой пересекает, в направлении, близком к широтному, Старый Свет. Первый пояс мы будем называть *тихоокеанским*, второй *евразийским*, или *средиземноморским*.

Тихоокеанский пояс пересекается с евразийским почти под прямым углом. В области восточной Индии и Зондского архипелага Средиземноморские горные цепи, направляясь к юго-востоку и северо-востоку, прилегают к тихоокеанскому поясу.

С другой стороны, средиземноморский пояс продолжается на запад через северо-западную оконечность Африки (Атласские горы) до Атлантического океана, а затем продолжением этого пояса некоторые геологи считают горные цепи по западной стороне Атлантического океана, отдельные разорванные звенья кото-

от Гринвича

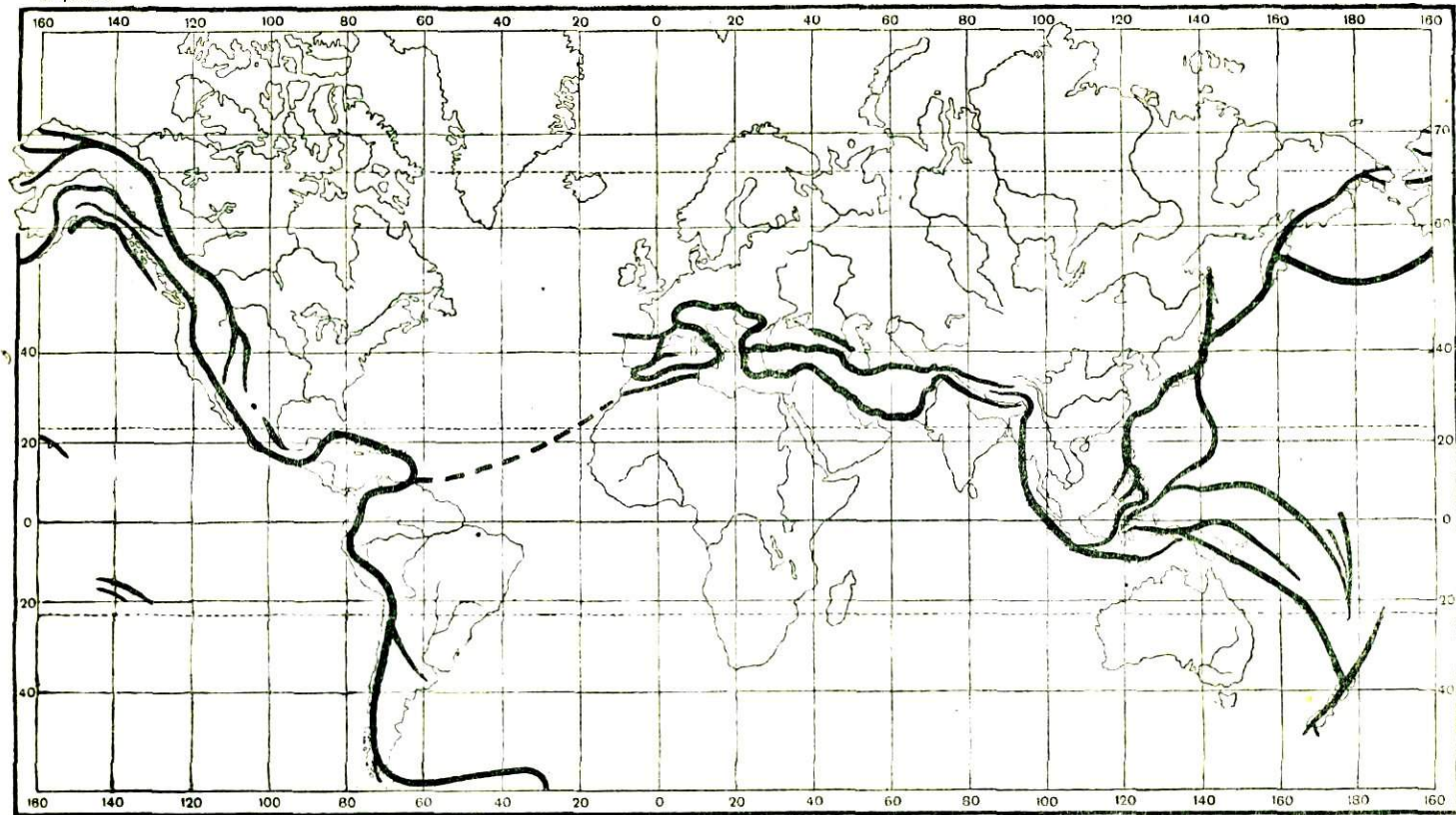


Рис. 10. Зоны молодых складчатых гор земного шара (по Штаубу).

рых в виде гирлянд островных дуг (Большие и Малые Антильские острова) отделяют средиземные американские моря (Мексиканский залив, Карибское море) от Атлантического океана (рис. 10). Впрочем, далеко не все тектонисты согласны с такой концепцией. Многие считают, и это более правильно, Антильские дуги ингрессиентом дугообразно завернувших в Атлантический океан складчатых тихоокеанских цепей западной окраины Америки.

### Особенности общих очертаний материков.

Преобладание суши в северном полушарии в сравнении с южным обусловлено тем, что главные материки образуют массы клинообразных очертаний, расширенными своими концами группирующиеся вокруг Северного Ледовитого океана, и постепенно суживаются к югу. Уже на очертаниях Гренландии весьма отчетливо бросается в глаза эта характерная форма. В не менее резком виде она выражена на обоих американских континентах и хотя не столь резко, но все же еще достаточно ясно на материках Старого Света, в особенности на Африке, а затем также на Австралии. Исключение составляет Антарктика, обладающая специфически своеобразными очертаниями. Таким образом, материки с востока и запада ограничены извилистыми береговыми линиями в общем меридионального направления, расходящимися к северу и сходящимися к югу.

В соответствии с этим океаны, наоборот, суживаются к северу и расширяются к югу. Северный Ледовитый океан является как бы центром, вокруг которого группируются радиально расходящиеся отсюда к югу материки. Хотя они и не смыкаются здесь вплотную в одну слитную массу суши, тем не менее они настолько сближены, что почти со всех сторон охватывают этот океан, сообщаясь с Тихим океаном лишь при посредстве узкого и мелкого Берингова пролива, а от Атлантического отделенный подводными барьерами (подводный кряж Уайвилля Томсона) и цепью крупных островов (Гренландия, Исландия, Фарерские острова и пр.). Океаны же южнее мыса Горна, мыса Доброй Надежды и Тасмании сливаются вместе, образуя ту часть мирового океана, которая со всех сторон окружает Антарктику и носит название Южнополярного, или Антарктического, океана, представляющего не что иное, как слившиеся части Атлантического, Индийского и Тихого океанов и, следовательно, не имеющего своей собственной индивидуальной физиономии.

Отмеченные только что очертания материков в связи с отмеченным раньше направлением высоких альпийских цепей земного шара обуславливают резкое отличие берегов Атлантического океана от Тихого. В то время, как у последнего направление береговой линии в общем совпадает с простираем окаймляющих океан цепей, в Атлантическом не наблюдается никакого соответствия между очертаниями берегов и направлением горных хребтов на прилегающей суше. Такое различие является следствием разницы в ходе геологической истории обоих океанов: очертания

берегов Тихого океана определяются складчатыми горными цепями, сформировавшимися в мезозойскую и кайнозойскую эры, а Атлантического — крупными разломами (сбросами) литосферы. Поэтому в геологии принято говорить о тихоокеанском и атлантическом типах берегов, как о явлениях, за которыми кроется глубокое различие в структуре и истории развития отдельных частей литосферы.

Индийский океан занимает как бы промежуточное положение между Атлантическим и Тихим: его западная, граничащая с Африкой половина отличается атлантическим строением берегов, а восточная, примыкающая к Тихому, начиная от Бенгальского залива на восток и включая весь Зондский архипелаг, носит все характерные черты строения берегов тихоокеанского типа.

Различие между Атлантическим и Тихим океанами не исчерпывается описанными выше особенностями очертаний их берегов. Существенно различно устроено также и ложе этих величайших океанических бассейнов земли. Уже давно обратил на себя внимание поразительный параллелизм очертаний восточного (европейско-африканского) и западного (американского) побережий Атлантического океана. Параллелизм этот еще резче подчеркивается присутствием на дне Атлантического океана подводного высокого кряжа, простирающегося параллельно берегам океана и разделяющего его на две почти равные и одинаково устроенные части. Известно, что это обстоятельство навело Вегенера на мысль, что в недавнем геологическом прошлом (в третичное время) Атлантический океан еще не существовал, что в то время Европско-Африканский континент составлял одно целое с Американским материком, от которого он впоследствии (приблизительно в середине третичной эры) отделился по глубоким расселинам (трещинам) в литосфере, которые стали постепенно расширяться по причине смещения к западу и отодвигания (скольжения) по магматическому субстрату американской части земной коры.

Мало-помалу расширяясь таким образом, система трещин, отделивших Американский мир от Старого Света, превратилась, в конце концов, в современный Атлантический океан.

Здесь не место вдаваться в критический разбор теории Вегенера, сыгравшей, несомненно, прогрессивную роль в геологии и приобретшей как множество горячих последователей, так и неменьшее число ярых противников. Здесь уместно будет сделать только одно замечание. Если предположения Вегенера правильны и если Старый Свет и Новый Свет еще не так давно (в геологическом смысле слова) составляли одно целое, то мы должны найти следы этого бывшего единства в развитии морфологии суши между Европой и Северной Америкой, с одной стороны, Африкой и Южной Америкой — с другой. К сожалению, научная мысль в данном направлении еще не работала достаточно углубленно и имеющиеся материалы по сравнительной геоморфологии названных частей света не дают еще возможности подойти к оценке теории Вегенера с такой точки зрения.

Как бы то ни было, даже противники теории Вегенера не сомневаются в том, что Атлантический океан представляется с геологической точки зрения образованием гораздо более молодым, чем Тихий. А отсюда следует, что древность тех дренажных речных систем, которые открываются в Атлантический океан, должна быть иной, чем тех, которые несут свои воды в Тихий.

Что касается, наконец, Тихого океана, то в нем мы видим опять-таки достойные замечания различия в строении западного (азиатского) и восточного (американского) побережий.

Западное побережье Тихого океана, начиная от Аляски на севере до Новой Зеландии на юге, характеризуется развитием весьма замечательных островных дуг, обращенных выпуклой стороной к океану и концами как бы подвешенных к выступам суши. Таковы дуги Алеутских, Курильских, Японских и других островов.

От континента эти островные дуги отделяются морями (*окраинными морями*, о которых речь будет ниже); а впереди них в океане располагаются глубочайшие пучинные океанические борозды (Алеутская с максимальными глубинами до 7382 м, Курильско-Японская 8191—9435 м, Марианская 9814 м, борозда Риу-Киу 7481 м, Филиппинская 10 830 м, Новопомеранская 9140 м, Новогебридская 7570 м, борозда Тонга 9184 м и борозда Кермадек 9427 м). Чрезвычайно показательно, что эти глубочайшие пучины Тихого океана располагаются, как и в других океанах, в непосредственном соседстве поднимающихся на суше высоких горных складчатых цепей, и притом в областях интенсивной вулканической и сейсмической деятельности.

Вдоль западного побережья Америки мы не видим ничего подобного островным дугам восточно-азиатского побережья: здесь высокий гористый берег падает непосредственно крутыми обрывами в глубь океана и глубокие пучинные борозды располагаются в непосредственном соседстве континента: борозда Вальпарайзо 5667 м, Атакамская 7635 м, борозда Арика 6867 м, борозда Каллао 5868 м.

В области средней Америки высокие горные цепи поворачивают к востоку и вдаются в Атлантический океан в виде дуг Антильских островов, совершенно аналогичных, по своей структуре и отношению к континенту, дугам восточно-азиатским. Таким образом, эта часть Атлантического океана по форме берегов и по своей структуре представляет элемент, совершенно чуждый остальной части этого океана. И здесь впереди островных дуг располагаются глубокие пучинные впадины (впадина Порторико 8525 м). Сходный поворот, обуславливающий вторичное вторжение в Атлантический океан тихоокеанских структур, находится в районе южных Сандвичевых островов, впереди которых располагается Южно-Сандвичева пучина, глубиной до 8050 м<sup>1</sup>.

Мы видим, таким образом, что евразийская (средиземноморская) и тихоокеанская зоны складчатых горных цепей характери-

<sup>1</sup> И в других частях мирового океана, где проходят звенья зоны евразийской и тихоокеанской складчатых цепей (Альпийских цепей), мы видим такую же приуроченность глубоких впадин в океане к соседству высоких

зуются тесной связью максимальных глубин и высот, что и дает основание Гамсу<sup>1</sup> с полным правом называть их *главными рельефными линиями земли*.

### Мировой водораздел.

Только что охарактеризованные главные рельефные зоны, включающие тихоокеанский и средиземноморский складчатые пояса, окончательно сформировавшиеся к концу третичного времени, сыграли и играют совершенно исключительную роль в распределении морфологических ландшафтов на поверхности суши. В общем они образуют то, что можно назвать *главным мировым водоразделом*<sup>2</sup>, отделяющим страны, дренируемые реками, текущими к Атлантическому океану, от областей, имеющих сток к Тихому и Индийскому океанам.

Из всей площади суши 51% отдает свои воды Атлантическому и лишь 27% Индийскому и Тихому океанам. Это связано с тем, что подавляющее большинство стран с настоящим высокогорным типом ландшафтов приурочено или к ближайшему соседству Тихого океана, или же к средиземноморскому поясу горных цепей. Уже А. Пенк указывал на то, что наиболее крупные возвышенности Европы и Австралии отстоят от моря не более как на 250 км. В краевых цепях Америки очень немногие высшие точки удалены от океана более, чем на 750 км (в Северной Америке) или на 500 км (в Южной Америке). Только в Азии некоторые высочайшие вершины отстоят от моря более, чем на 1500 км. Наоборот, большая часть равнин и низменностей имеет скат к Атлантическому океану и к связанным с последним морям, в особенности к Северному Ледовитому океану. Таковы равнины Амазонки, Миссисипи, низменности арктических областей Северной Америки, равнины западного побережья северной Африки и Египта, низменности Европейской части СССР, великая Западнo-Сибирская низменность. Гораздо меньшие площади занимают низменности, тяготеющие к Тихому и Индийскому океанам (Месопотамская равнина, Индо-Гангская низменность, равнины Индо-Китая, равнины Восточно-Китайские по низовьям Хуанхэ и Янцзы-цзяна, равнины внутренней Австралии).

### Острова.

Сравнительно небольшие участки суши, окруженные со всех сторон водой, называются *островами*. К наиболее крупным островам относятся Гренландия (площадь 2,1 млн. кв. км), Новая Гви-

---

горных возвышенностей на берегу. Так, в Индийском океане мы имеем Зондскую борозду (к югу от Явы) глубиной до 7000 м, в Австрало-Азиатском средиземном море (между Австралией и Азией) борозду Кей глубиной до 6504 м и др.

<sup>1</sup> Е. Гамс, Grundzüge der physikalischen Verhältnisse der festen Erde, Berlin 1932, Teil I, S. 23.

<sup>2</sup> Главный мировой водораздел был выделен Тилло, хотя в несколько ином виде, чем мы принимаем его здесь.

нея (0,8 млн. кв. км), Мадагаскар (591,5 тыс. кв. км), Борнео (736,5 тыс. кв. км). В общем (включая Гренландию) площадь всех островов составляет около 10,5 млн. кв. км.

подавляющее большинство островов располагается группами, то неправильными (*архипелаги*), то имеющими форму изогнутых или прямых зон (например, описанные выше изогнутые зоны у восточных берегов Азии, прямая зона Гавайских островов). Гораздо реже встречаются одиночные или парные (двойные) острова. Примером архипелагов могут служить арктические архипелаги островов у берегов Северной Америки, Шпицберген, Северная Земля, Земля Франца-Иосифа, Ново-Сибирские острова, архипелаги островов у берегов Греции в Средиземном море, и южной части Тихого океана, Галапагосские острова и др. Примерами одиночных островов могут служить острова: Врангеля, св. Елены и др. Примерами двойных островов: Новая Земля, Новая Зеландия.

В определении крупных черт земной поверхности острова играют подчиненную роль. Они располагаются местами таким образом, что являются как бы связующими звеньями между отдельными континентами (Зондские острова между Азией и Австралией, Большие и Малые Антильские острова между Северной и Южной Америкой. Южно-Шотландские, Южно-Оркнейские и Фалькландские острова между Антарктикой и Южной Америкой).

В смысле рельефа своей поверхности и его эволюции, а также в смысле своего генезиса острова представляют некоторые особенности, на которых мы остановимся ниже. Здесь ограничимся пока замечанием, что большинство их принадлежит к так называемым *континентальным*, т. е. тесно связанным в своем происхождении с соседними континентами, причем немалое число островов представляет не что иное, как результат поднятия над уровнем моря части шельфа (материковой отмели), например: Великобритания и Ирландия, Новая Земля, Северная Земля; другие своими основаниями опираются на материковый склон (некоторые из восточно-азиатских дуг). Развитие форм поверхности таких континентальных островов идет по тем же законам, как и развитие форм суши вообще, с тем отличием, что здесь эти законы (основные этапы развития) могут быть уловлены отчетливее.

Своеобразной морфологией отличаются океанические острова вулканического и органогенного происхождения (коралловые), о которых подробнее будет говориться в соответствующей главе настоящей книги.

## Моря.

*Морями* называются участки океана, более или менее далеко вдающиеся в сушу и сообщающиеся с открытым океаном одним или несколькими проливами. Если море лежит между двумя континентами, оно называется *средиземным*. Типичным примером такого моря может служить Романское средиземное море, чаще называемое просто Средиземным морем, заключенное между Европой и Африкой и сообщающееся с Атлантическим океаном при посредстве сравнительно мелкого Гибралтарского пролива. К сре-

диземным морям относятся также моря, расположенные между Северной и Южной Америкой (Мексиканский залив, Караибское море), равно как моря, заключенные между Австралией и Азией в области Зондского архипелага (Зулу, Банда, Целебесское).

Только что перечисленные средиземные моря отличаются некоторыми общими всем им морфологическими и генетическими чертами. Все они лежат в зонах молодой (мезо-кайнозойской) складчатости, следовательно располагаются в пределах активных зон литосферы, где тектонические и связанные с ними вулканические процессы не замерли и до сих пор и где они во всяком случае еще недавно проявлялись с полной силой. В связи с этим находится и то, что каждое из этих морей состоит из ряда глубоких впадин, чередующихся с отмелями и с многочисленными гористыми островами, из которых многие характеризуются интенсивной вулканической деятельностью (Малые Антильские острова, Липарские острова и острова Греческого архипелага, многие острова Зондского архипелага и др.).

Так, группа американских средиземных морей включает Мексиканский залив (глубиной до 3875 м), Юкатанскую впадину Караибского моря (глубиной до 6269 м) и восточную часть Караибского моря (глубиной до 5201 м).

Романское средиземное море распадается на три глубокие котловины: западную (до 3149 м), Тирренскую (до 3731 м) и восточную (до 4400 м). Черное море, являющееся лишь ответвлением Романского средиземного моря, достигает 2618 м глубины. В группе Зондских (Австрало-Азиатских) средиземных морей море Банда имеет наибольшую глубину в 5684 м, море Зулу 4663 м и Целебесское море 5024 м, а борозда Кей, как приводилось уже выше, даже 6504 м. Промежутки между этими глубокими котловинами заняты, как уже указывалось, сравнительно высоко поднятыми частями морского дна и усеяны большим количеством островов, нередко крупных размеров (Малые и Большие Антильские острова, Сицилия, Корсика, Сардиния, острова Греческого архипелага, Крит и др. — в Романском средиземном море, острова Борнео, Суматра, Ява, Целебес и др. — в Зондском архипелаге).

Таким образом, мы видим, что этот тип морей отличается действительно своеобразными чертами в смысле своей морфологии.

От предыдущих существенно отличаются так называемые *окраинные моря*, представителями которых могут служить Охотское и Берингово, затем Восточно-Китайское, Японское и др. Генетически они также связаны с молодыми складчатыми горными цепями, отдельные звенья которых отделяют их от открытого океана. Некоторые из них точно так же достигают значительных глубин, например: Охотское море 3370 м, Японское 3575 м, Берингово в своей южной части даже 5700 м и т. д. Но отличие от средиземных морей заключается прежде всего в том, что в своем географическом положении окраинные моря связаны не с двумя, как предыдущие, а только с одним континентом, и что в соответствии с этим они только с одной стороны обычно окаймляются активными в тектоническом и вулканическом отношении

островами. Следовательно, мы можем рассматривать их как окраинные образования одного материка.

Иной характер носят *внутренние моря* такого рода, как Гудсонов залив, Северное (или Немецкое), Балтийское, Белое, Карское, Баренцево моря, Персидский залив. Они представляют не что иное, как залитые водой части шельфа, более или менее далеко вдающиеся внутрь континента и поэтому заслуживающие названия *эпиконтинентальных морей* в полном и точном значении этого слова. Чрезвычайно мелкий Персидский залив (средняя глубина 50 м, максимальная 122 м) представляет отчасти, повидимому, не что иное, как залитую морскими водами древнюю широкую долину, гигантский *эстуарий*. В противоположность средиземным и окраинным морям эпиконтинентальные располагаются на участках литосферы, не проявляющих ни тектонической, ни вулканической активности. Эпиконтинентальные моря особенно характерны для периферии Северного Ледовитого океана и отчасти северной половины Атлантического океана.

На конфигурацию материков, наконец, весьма заметное влияние оказывают *заливы*, т. е. более или менее далеко вдающиеся в континент части океана или моря, соединенные с последними широкими открытыми выходами (Гвинейский и Бискайский заливы, заливы южной Греции и др.).

Совершенно своеобразно и по своему происхождению и по форме Красное море. Оно занимает часть громадного провала (гребена) в литосфере, протянувшегося из Сирии через это море и через область великих восточно-африканских озер до реки Замбези. Оно имеет поэтому вытянутую узкую форму глубокого жолоба или корыта, отдельные точки которого достигают глубины 2249 м.

### Тектоническое подразделение литосферы.

Одним из основных факторов, определяющих развитие рельефа, являются движения земной коры и структура тех или иных участков литосферы, короче говоря *тектоника*. Отмеченное на предыдущих страницах разнообразие морфологии отдельных частей земной коры объясняется в конечном счете тем, что, обладая различным вещественным составом и мощностью, они в то же время в геологическом прошлом испытывали неодинаковые тектонические движения и в результате приобрели различную тектоническую структуру.

Геоморфологу при анализе рельефа той или иной страны необходимо прежде всего знать точно ее тектонику. Хотя каждый отрезок литосферы обладает теми или иными индивидуальными тектоническими чертами, тем не менее все известные на земном шаре тектонические структуры можно свести к нескольким основным категориям. Правда, в настоящее время мы еще не располагаем вполне удовлетворительной классификацией тектонических структур, и в основу таких классификаций приходится класть пока что довольно условные, частью не вполне четкие принципы. Тем

не менее от решения этой задачи, хотя бы в первом приближении, не приходится уклоняться. Наиболее приемлемое деление литосферы на основные тектонические элементы было предложено проф. Буновым.

Он предлагает различать:

1. *Океанические впадины.* К ним относятся те части мирового океана, которые никогда или лишь частично превращались в сушу. Можно действительно думать, что настоящие глубокие части мирового океана в прошлой истории земли всегда оставались морем и лишь те части их, которые имели характер геосинклиналей (см. ниже), давали в процессе своего развития начало складчатым горным возвышенностям. Для глубоких частей мирового океана характерны постоянно идущие в них процессы накопления отложений — терригенных и органогенных, преимущественно в виде так называемой *красной глубоководной глины* и различных илов (неорганических и органогенных — радиоляриевых, диатомового, глобигеринового и др.). Эти устойчивые отрицательные формы земной поверхности отличаются сравнительно простыми плавными очертаниями своего (подводного) рельефа.

2. *Геосинклинальные зоны.* Среди геологов не существует единомыслия относительно того, что следует разуметь под геосинклиналями. Один из наиболее авторитетных современных тектонистов Штилле рекомендует относить к геосинклиналям все те части литосферы, которые характеризуются тенденцией к опусканиям, независимо от того, возникают ли на месте их впоследствии складчатые горные цепи или нет. Но при таком толковании мы рискуем утратить всякий критерий в отличии геосинклиналей от других глубоководных океанических впадин.

Более правильной, на наш взгляд, точки зрения придерживаются такие тектонисты, как Коссмаат, которые считают геосинклинали весьма подвижными зонами литосферы, податливыми как к боковым, так и к вертикальным движениям и потому представляющими особенно благоприятные места для возникновения в их пределах складчатых горных цепей. Мы будем, в согласии со многими геологами разуметь под геосинклиналями вытянутые, обычно залитые морскими водами зоны литосферы, располагающиеся или между двумя континентами или же по окраинам материков и характеризующиеся чрезвычайной подвижностью своего дна.

Для тех геосинклиналей, в которых отдельные зоны или полосы заняты глубоким морем, характерно, кроме того, проявление подводного вулканизма уже в ранних стадиях их существования. На дне глубоких частей таких геосинклиналей происходят излияния основных магм, характеризующихся несколько повышенным содержанием щелочей (производных диабазовых магм — офиолитов<sup>1</sup>, представленных спилитами, мандельштейнами и т. п.). На это обстоятельство уже давно обратил внимание Зюсс, а в

<sup>1</sup> Термином «офиолиты» обычно обозначают основные, претерпевшие зелено-каменное изменение диабазовые и другие основные магматические продукты.

новейшее время его особенно подчеркивали Ш та у б и проф. Б у б н о в. По представлениям только что названных ученых, такого рода проявление подводного вулканизма в глубоких участках геосинклиналей можно объяснить тем, что здесь литосфера утонена, благодаря чему залегающие под корой основные, мало дифференцированные магмы получают возможность сравнительно легко прокладывать себе путь наружу и изливаются на дно глубоких частей геосинклиналей в виде офиолитов. Как бы то ни было, ассоциация офиолитов с глубоководными осадками представляется весьма характерной чертой глубоководных отложений, именно геосинклиналей, как это особенно отчетливо, между прочим, установлено детальным фаціальным анализом осадков альпийской геосинклинали.

На вопрос о том, существуют ли и в настоящее время геосинклинали и если существуют, то где именно, разные ученые отвечают неодинаково. В то время как одни склонны считать за геосинклиналию Атлантический океан, а проходящий по середине его подводный кряж за зародыш будущей складчатой горной цепи, другие указывают как на геосинклинали на те глубинные лучины, которые, как мы видели, располагаются по окраинам океанов, обычно в непосредственной близости поднимающихся на прилегающей суше высоких складчатых гор. В пользу того, что здесь мы имеем дело действительно с пластичными, находящимися еще в стадии формирования и постоянных подвижек зонами литосферы, говорит их форма, их близость к краям континентов, наблюдаемые в этих областях крупные аномалии силы тяжести (отрицательные над самыми впадинами, положительные на прилегающих к ним возвышенных краях континентов) и, главное, интенсивные проявления сейсмических и вулканических явлений в их соседстве. Но от настоящих геосинклиналей, на месте которых уже возникли горные складчатые цепи, современные пучинные впадины отличаются тем, что в них вряд ли происходит накопление мощных толщ осадков. В особенности это относится к пучинным впадинам по восточной окраине Азии, в которые материал сносится не с континентов, а с островов. Более правдоподобно видеть остаток геосинклинали (бывшего моря Тетис) в современном Романском Средиземном море, которое по морфологии своего дна и по своему положению очень напоминает прежние геосинклинали, уже давшие происхождение горным цепям складчатой структуры.

Ряд дополнительных замечаний о геосинклиналях и о возникающих на их месте складчатых тектонических сооружениях будет нами сделан ниже при характеристике ландшафтов горных стран.

Преобразование заполненных осадками геосинклинальных желобов в складчатые горные цепи сопровождается вулканическими явлениями, результаты которых имеют весьма существенное значение впоследствии для эволюции рельефа таких горных цепей. Поэтому необходимо прибавить несколько замечаний и об этих явлениях.

Горообразовательные процессы в геосинклиналях сопровождаются интенсивными проявлениями глубинного вулканизма — внедрением в осадочные толщи батолитов и мощных штоков интрузивных пород гранитной и гранодиоритовой магмы, дающих разнообразные отщепления как в сторону основных, так и крайне кислых дериватов этих магм. На поверхности им соответствуют синхроничные эффузии, представленные, главным образом, магмами средней основности, преимущественно андезитовыми. Для геосинклинальных зон, особенно для молодой Средиземноморско-Тихоокеанской зоны, андезитовые эффузии представляются настолько типичными и характерными, что этой серии пород принято даже давать название *тихоокеанской* в отличие от экструзий, свойственных странам, тектоника которых определяется дизъюнктивными дислокациями и которые отличаются преобладанием щелочных вулканических пород, получивших поэтому у петрографов название *атлантических*.

В орогенных тектонических сооружениях, возникающих на месте геосинклиналей, вулканическая деятельность не затухает с концом периода или периодов максимальных орогенических параксизмов. Отдельные более или менее интенсивные вспышки вулканизма имеют место и после окончательного сформирования на их месте горных кряжей, когда начинаются продольные разломы, главным образом вдоль тыловых краев образовавшихся цепей, и выходы по линиям разлома на поверхность магматических масс (примером могут служить Евганейские вулканы по южной стороне Альп). В Кордильерах, а также в Андийских цепях выходы вулканических, по преимуществу андезитовых масс столь обильны и часты, что они накладывают весьма определенный отпечаток на тектоническую структуру этих гор, следовательно, самым решительным образом влияют и на развитие их рельефа.

3. *Континентальные массивы* (глыбы, платформы). Наиболее устойчивые части земной коры, с незапамятных геологических времен не покрывавшиеся морем, образуют как бы основные ядра материков и называются поэтому континентальными массивами, или первичными континентальными массами (ядрами, глыбами, платформами). Они сформировались в основном до палеозойской эры и образовали то основное ядро, которое в дальнейшем ходе геологических событий расширялось путем приращения к нему по периферии орогенических горных сооружений на месте геосинклиналей. В противоположность геосинклиналям с их колебательными движениями и тангенциальными сильными сжатиями континентальные массивы в своей прошлой истории обнаруживали преимущественную тенденцию к восходящим эпейрогеническим движениям. По этой причине здесь преобладают процессы денудации, приводящие к обнажению все более и более глубоко залегающих, сильно метаморфизованных и перекристаллизованных древнейших осадочных и массивнокристаллических горных пород: батолиты гранитов и родственных им пород и серии разнообразных кристаллических сланцев, интенсивнейшим образом перемятых, являются поэтому наиболее обычными толщами, слагающими

ти древние массивы. Если в их геологическом строении принимают участие толщи нормально-осадочные или слабо метаморфизованные, то они всегда залегают поверх кристаллических пород покойно, с резко выраженным несогласием. Более юные тектонические движения выражаются в них, главным образом, расколами, как нередкое следствие, инъекциями основных магм в образовавшиеся трещины (жильные диабазы).

Континентальные массивы по всей совокупности только что черченных их признаков часто называют *древними щитами* (или, как это иногда не особенно удачно переводят на русский язык, «древним теменем»). В Азии таким «древним теменем», следуя Ю. С. Су и Обручеву, признавали Прибайкальские горы и горные возвышенности северной Монголии. В настоящее время архейский возраст этих геотектонических элементов можно считать провернутым. К докембрийским щитам относят также Канадский щит, некоторые части центральной Африки, Европейский щит Денно-Скандии, Бразильский массив, массивы западной Австралии, архейские массы Передней Индии.

4. *Шельфы* по условиям своего геологического развития занимают промежуточное положение между геосинклиналями и континентальными массивами. Этим термином мы, следуя проф. Бубнову, обозначаем те краевые зоны континентов, которые в геологическом прошлом были залиты морскими водами, абрадированными эти континентальные окраины до той глубины, до которой ощущается механическое действие волн, т. е. до начала континентального ската, приблизительно до глубины 200 м. При тектонических подвижках литосферы шельфы ведут себя различно в зависимости от того, краями какого рода континентальных платформ они являются — совершенно уже утративших подвижность или же сохранивших еще в той или иной мере способность к тангенциальным сжатиям. В первом случае шельфовые элементы могут совершать только плавные восходящие или нисходящие вертикальные движения и испытывать дизъюнктивные дислокации. Во втором — они при орогенических процессах способны также к складкообразованию, но получившиеся при этом складки отличаются от геосинклинальных более плавными формами и меньшей сложностью (тип так называемой «саксонской» складчатости германских тектонистов или «сибиретипной» наших ученых). В соответствии с только что сказанным, проф. Бубнов различает *устойчивые* и *подвижные* шельфы, которые, с одной стороны, естественно связаны постепенными переходами друг с другом, с другой — с континентальными платформами и геосинклиналями.

При плавных эпейрогенических движениях устойчивых шельфов мелководные моря то далеко проникали внутрь континентов при трансгрессиях морей), то, наоборот, сокращались, далеко отодвигаясь от прежних береговых линий. При таких колебаниях происходила постепенная смена в вертикальных разрезах мелководных, вернее прибрежных отложений более глубоководными. В геосинклиналях шельфы имеют то общее, что они являются также областями накопления осадков, достигающих иногда гро-

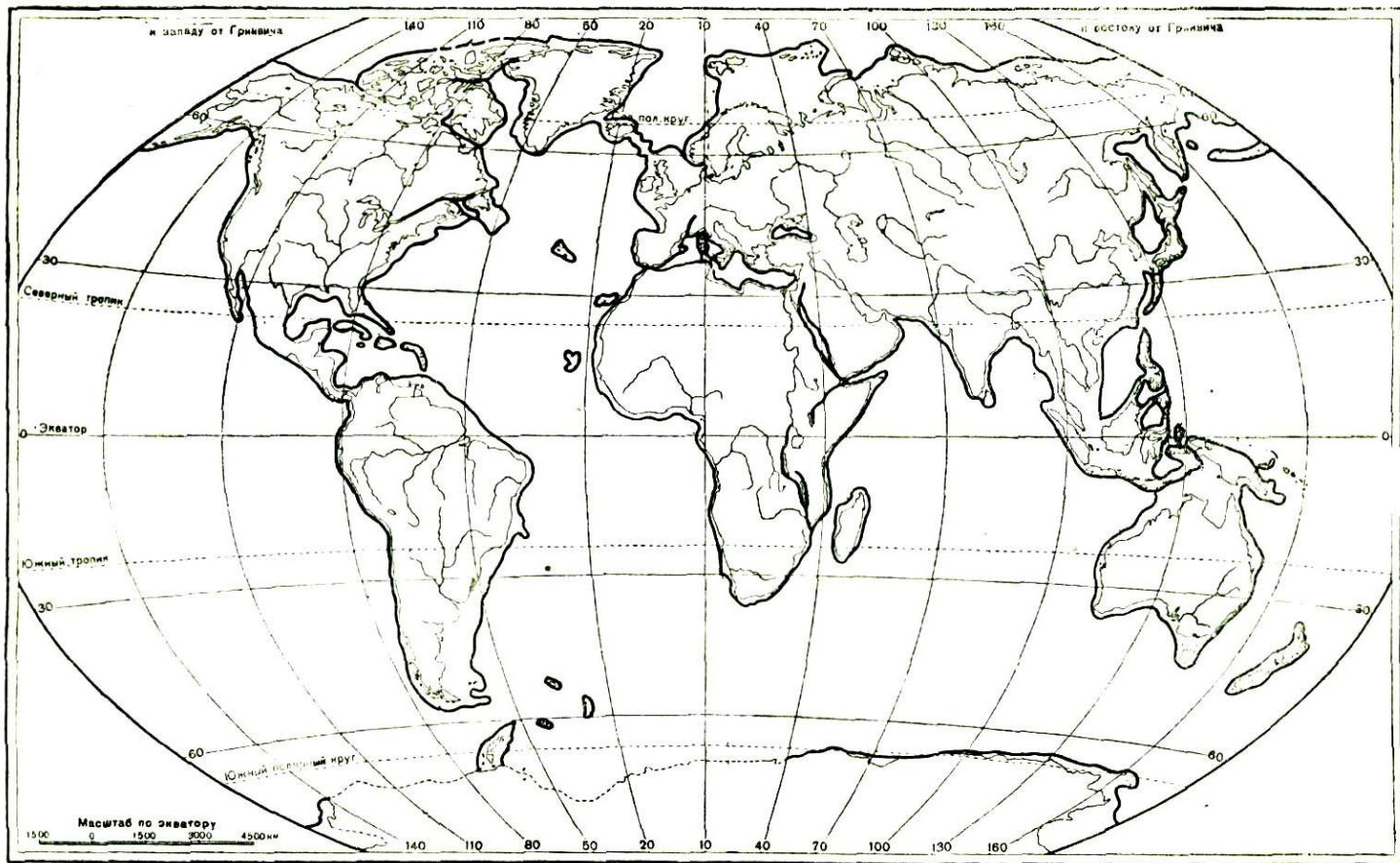


Рис. 11. Континентальные массивы, включая шельфы (по Вегенеру).

матных мощностей. Но отличие заключается в том, что, прослеживая на шельфах фации осадков в вертикальном направлении, мы можем установить правильный и плавный цикл вертикальных колебаний этих участков земной коры от прибрежных, через мелководные к глубоководным и от более глубоководных обратно к мелководным и прибрежным. В этом, а также и в том, что отложившиеся осадки не сминались впоследствии в складки, и заключается главное отличие устойчивых шельфов от геосинклинальных областей. Словом, они представляют гораздо более устойчивые и мало подвижные участки литосферы, чем геосинклинальные зоны. Теснее они связаны, как отмечалось, с континентальными глыбами (ядрами), но от последних они разнятся все же характером тектонических движений. В то время как материковые массы подвержены преимущественно вертикальным восходящим движениям, шельфы испытывают колебательные эпейрогенические движения, в силу чего они попеременно являются то площадями накопления осадков, то областями эрозии и денудации. По той же причине в сериях шельфовых осадков нередко наблюдаются перерывы в отложении и следы континентального размыва.

Подвижные шельфы, как уже указывалось, занимают промежуточное положение между устойчивыми шельфами и геосинклиналями (рис. 11).

Что касается, наконец, вулканизма, то в пределах устойчивых шельфов он часто проявляется весьма слабо, преимущественно в форме более или менее значительных излияний вулканических масс на поверхность; в подвижных шельфах он нередко проявляется более энергично, но и здесь бывает выражен, главным образом, эффузиями. Внедрения больших интрузивных масс обычно бывают чужды шельфовым участкам земной коры.

Шельфы в геологическом отношении всегда состоят из двух этажей, или ярусов: нижнего, состоящего из смятых в складки и приобретших ту или иную степень жесткости тектонических сооружений, и верхнего, построенного из пород более молодых и менее метаморфизованных, покоящихся на первых с резким несогласием и следами длительного перерыва в отложении. Этот верхний ярус залегает или совершенно горизонтально, или показывает слабые волнообразные изогнутости, или, наконец (в подвижных шельфах), обнаруживает более или менее заметную складчатость. Примерами шельфовых областей могут служить так называемая Восточно-Европейская плита (Русская равнина), Западно-Сибирская низменность, Средне-Сибирское столовое плато; примером подвижного шельфа проф. Б у б н о в считает районы Средне-Германских гор и пр.

## Классификация морфологических ландшафтов.

Морфологические ландшафты классифицируются или по генетическим, или же по морфографическим признакам. Так, говорят о ледниковых карстовых, эоловых и других ландшафтах. С другой стороны, ландшафты характеризуются и описываются как равнинные, холмистые, горные, высокогорные и т. д. В сущности, ни тот, ни другой принцип подразделения ландшафтов нельзя признать вполне безупречным. Когда говорят о генетическом типе ландшафта, то его всегда обозначают термином, подчеркивающим лишь преобладающее значение среди наблюдаемых таких форм, которые обязаны своим происхождением одному из внешних деятелей (работе проточной воды, льда, ледников, ветра и пр.), чем в значительной степени затушевывается то весьма важное обстоятельство, что в генезисе данного ландшафта, несомненно, более или менее существенную роль играли также и другие экзогенные факторы, а равно и тектонические (или вулканические) силы. Таким образом, применение такого рода терминов ни в каком случае не должно затемнять того, что всякий морфологический ландшафт является результатом совокупной деятельности многих природных сил, и, употребляя термин «ледниковый» или «эоловый», мы только указываем, что данные деятели наложили на него особенно приметный и характерный отпечаток.

С другой стороны, и морфографический принцип не может быть строго выдержан: так, например, горные страны сплошь и рядом заключают в себе участки холмистые или равнинные, равнинные страны часто перемежаются с холмистыми и т. д.

Трудность применения в чистом виде при характеристике морфологических ландшафтов того или другого принципа, конечно, объясняется сложностью явлений природы и невозможностью втискивать их целиком в рамки искусственных схем. В настоящем руководстве мы используем оба принципа. При этом нам представляется рациональным применять морфографический принцип преимущественно к описанию отдельных стран и областей и, следовательно, говорить о странах равнинных, горных, холмистых и т. д. В каждой категории форм, само собой разумеется, мы подробно остановимся и на их генезисе.

Исключение мы сочли возможным допустить, особо выделив только два характерных в генетическом отношении и своеобразных ландшафта, как вулканический и карстовый.

Но прежде чем перейти к характеристике стран и генетических ландшафтов, в первую очередь займемся долинами, как образованиями, повсеместно встречающимися и потому имеющими особенное значение в геоморфологии.

### О ложбинах стока.

Одной из наиболее примитивных форм рельефа, обязанных своим происхождением денудационным процессам, являются образования, представляющие продолговатые неглубокие и нерезко выраженные углубления в почве, напоминающие по своей форме зачаточные долины. При изучении и описании рельефа геоморфологи часто не обращают на них должного внимания. Между тем, как показал в своих работах Шмитхеннер<sup>1</sup>, эти образования в развитии рельефа играют выдающуюся роль, и потому выяснение этой роли имеет существенное значение для понимания всей истории преобразования форм земной поверхности. На немецком языке для обозначения этих форм существуют разные термины, среди которых наиболее удобным, по предложению Шмитхеннера, следует признать термин *Dellen*. По-русски лучше всего применять к ним название *ложбины стока*.

Шмитхеннер определяет *Dellen* следующим образом: «*Dellen* представляют плоские вытянутые в длину, часто разветвленные полые формы, с наклоном ложа в одну сторону, с пологими мягкими. Незаметно переходящими друг в друга склонами, без явственно выраженной подошвы. Эта округлость склонов и отсутствие постоянного водотока отличают ложбины стока от настоящих долин».

Ложбины стока отчетливее всего бывают выражены на плоскогориях, где часто в однообразном чередовании они перемежаются с разделяющими их мягкими гривами. Для ложбин, развивающихся на горных склонах, можно применять название *ложбин склонов*; стержневая линия последних имеет обычно такой же наклон, как и самый склон, хотя нижняя часть их бывает всегда более плоской, а верхний конец, наоборот, более крутым. На низких горных склонах, равно как и на крутых, высоких, энергично эродлируемых склонах, они обычно не развиваются.

Общераспространенность ложбин и их однообразие говорят за то, что они могли быть обязаны своим происхождением только таким агентам и работа которых проявляется повсюду.

Длина ложбин обычно колеблется между 100 и 1000 м. Впрочем, есть и такие, длина которых не превосходит 10—50 м, а с другой стороны, некоторые достигают и 4—5 км в длину. Такие длинные ложбины менее характерны, чем короткие, и нередко

<sup>1</sup> H. Schmitthener. Die Entstehung der Dellen und ihre morphologische Bedeutung. Zeitschr. f. Geomorphologie. I. B. 1925/26.

являются началом настоящих долин. Вообще же ложбины от настоящих долин отличаются отсутствием изгибов и излучин и, наоборот, наличием резких коленообразных изломов в своем направлении. Густота сети ложбин и степень их ветвления определяется в значительной мере характером пород, составляющих субстрат, на котором они развиваются.

На мягких водонепроницаемых породах, например, на глинистых, главные и боковые ложбины ветвятся нормально, и только в местностях, сложенных такими породами, вообще можно наблюдать картину типичного развития ложбин. Если же местность слагается твердыми водопроницаемыми породами, то здесь можно часто наблюдать, что ложбины развиваются преимущественно в определенных направлениях, зависящих от простираания и падения слоев. В этом последнем случае ложбины стока нередко являются началом долин, причем между собственно долиной и ложбиной развивается промежуточное образование — крутостенный овраг.

Некоторые авторы склонны рассматривать ложбины за лишённые водотоков начала долин или за мертвые долины. Шмитхеннер также допускал, что ложбины являются в известном смысле *эмбриональными* (зачаточными) *долинами*. Но в то время как настоящие долины обязаны своим происхождением действующей по определенным линиям проточной воде, ложбины — по его мнению — возникают в результате общих процессов денудации, под которыми Шмитхеннер понимает площадной смыв атмосферных вод и медленное оползание почвы. Необходимо впрочем, заметить, что такое оползание, как фактор образования ложбин, едва ли может быть принято безоговорочно, и скорее всего не имеет значения в действительности, в особенности когда ложбины возникают на твердых водопроницаемых породах.

### Определение понятия «долина».

В понятие *долина* различными авторами вкладывается не совсем одинаковое содержание. Некоторые<sup>1</sup> определяют долины как сравнительно узкие, вытянутые в длину и открытые в одну сторону полые формы рельефа, ограниченные с боков в общем параллельными и обращенными друг к другу скатами и обладающие ложем, наклоненным в открытую сторону. При этом подчеркивается, что долины могут быть обязаны своим происхождением первоначальным силам иного порядка, чем эрозионные, как, например, тектоническим или аккумулятивно-ледниковым. В качестве примера приводятся тектонические мульды в складчатых горах, каковы, например, высокогорные тектонические мульды, засыпанные галечником и щебенкой, по имени которых получило название высочайшее нагорье центральной Азии Памир («памир» — нарицательное название для таких высокогорных долин).

Мы несколько уточним понятие долины и, следуя А. Пенку, будем называть долинами относительно узкие и вытянутые в

<sup>1</sup> A. Supan. Grundzüge der physischen Erdkunde. В. II. 1930.

длину, редко прямые, большей же частью извилистые полые формы рельефа, характеризующиеся общим наклоном своего ложа от одного конца к другому и тем, что, встречаясь между собой, они никогда не пересекаются, а сливаются вместе в одну общую полую форму. Их размеры как в длину, так и в ширину и в глубину, равно как и очертания, а отчасти и происхождение, могут быть весьма различны, но отмеченные только что особенности свойственны решительно всем долинам.

Это сразу же указывает на то, что в формировании любой долины принимает участие один и тот же общий и притом повсюду на земной поверхности действующий агент. С другой стороны, самый характер общих всем долинам морфологических особенностей не оставляет сомнений в том, что этим агентом может быть только проточная вода. Но это отнюдь не следует понимать в том смысле, что все долины обязаны своим происхождением только деятельности проточной воды. Как мы увидим далее, в образовании их то или иное участие могут принимать и различные другие силы, как экзогенные, так и эндогенные.

Одна и та же долина в разных своих частях может иметь неодинаковую форму, в зависимости от того или иного развития и сочетания составляющих ее элементов.

Поэтому для получения полного представления о морфологии какой-либо долины необходимо изучить ее:

- 1) в поперечном сечении (поперечный профиль);
- 2) в продольном разрезе (продольный вертикальный профиль);
- 3) в плане (продольный горизонтальный разрез).

### Элементы долины.

Во всякой долине мы можем различать следующие составные части:

1. Самую низкую ее часть — *дно*, или *ложе*, долины. Зона, или линия, соединяющая самые глубокие точки долинного ложа (русла речного), называется *тальвегом*<sup>1</sup>.

Тальвег в общем совпадает с направлением линии наибольших поверхностных скоростей течения речного потока. Дно долины в пределах одной и той же долины может то суживаться до полного исчезновения, то расширяться до многих километров. При очень сильном расширении, когда высота склонов становится незначительной по сравнению с размерами долины, последняя приобретает характер равнины.

Часть долинного ложа, занятая водами протекающей по долине реки, называется *руслом*. В долинах, лишенных водотока, обычно еще можно отчетливо выделить эту бывшую некогда под водой, наиболее глубоко врезанную в почву часть долины, в виде так называемого *сухого русла*.

2. Часть долины, заливаемая речными водами при половодьях, носит название *поймы*. В пойме в свою очередь можно выделить

<sup>1</sup> Иногда термин *тальвег* употребляется в более широком смысле в применении ко всему долинному ложу.

часть, ежегодно затопляемую, от той (более высокой), которая заливается только при особенно сильных разливах. Поэтому в поперечном профиле поймы иногда намечаются зачаточные (невysокие) террасы.

3. Повышенные участки суши, ограничивающие с боков долинное ложе, называются *склонами долины* (рис. 12).

4. Места соприкосновения ложа долины со склонами выражаются часто, хотя и не всегда, более или менее заметным изломом в поперечном профиле и называются *подошвой склонов*.

5. Самая верхняя (по течению) часть долины, где тальвег исчезает, а склоны утрачивают свои отчетливые очертания, называется, в зависимости от своей формы, *началом долины* или *долинным замыканием*.

В равнинных и холмистых странах в верховьях своих долины нередко незаметно переходят в широкие, расплывчатые, без ясно выраженных склонов ложбины, которые служат путями для стока атмосферных вод и потому называются *ложбинами стока*.

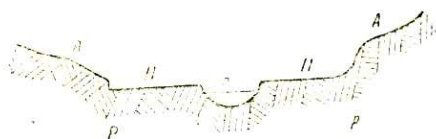


Рис. 12. Поперечный схематический профиль долины (по Филиппсону):

п — русло; Н, — Н — пойма; А — А — склоны;  
р — р — подошва склонов.

6. Самая нижняя (по течению) часть долины, где склоны расходятся в стороны и, таким образом, перестают ограничивать с боков долинное ложе, называется *устьем*, или выходом из долины.

А. Пенк предлагает различать в зависимости от способа соединения склонов в начальной и устьевой частях долин следующие категории последних:

1) *Замкнутые* — склоны в верхней части долины сходятся друг с другом, почти не теряя или мало теряя в своей высоте.

2) *Открытые* — склоны долины продолжают к верховью дальше, чем тальвег, переходя непосредственно в склоны другой долины, идущей в противоположном направлении.

3) *Полуоткрытые* — склоны сходятся (смыкаются) в верховье, но не на всей своей высоте, а только частично — нижними частями склонов.

4) *Слепые* — склоны долины смыкаются между собой не только в верховье, но и в самой нижней по течению части, образуя, следовательно, подобие мешка. Обычно под нижним замыканием наблюдается подземный ход, служащий продолжением тальвега.

5) *Сквозные* — склоны расходятся не только в устьевой, но и в верхней частях долины. Долина, следовательно, представляет подобие коридора, открытого как вверх, так и вниз по течению. Такие долины наблюдаются обычно в местах пересечения речными артериями в поперечном направлении горных кряжей и хребтов (долина Верхнего Инда в прорыве через Гималаи, долина Енисея в месте пересечения Западно-Саянского хребта, Железные ворота

в хребте Байсун-Тау в Туркестане и др.). Нередко такие долины называют также *долинами прорыва*.

Если долина служит вместилищем постоянного водотока, то ее называют *речной долиной* в собственном смысле слова. Ее можно было бы также называть *живой долиной*.

Если постоянного водотока нет, долина называется *сухой*, или *мертвой долиной* (рис. 13). Впрочем, многие долины остаются сухими только известную часть года и периодически оживляются водотоками (например, в наших широтах во время таяния снегов



Рис. 13. Сухая боковая долина в бассейне р. Камышты, Хакассия. Восточный склон Кузнецкого Алатау (фото Я. С. Эдельштейна).

весной или после сильных ливней).

Короткие, но сравнительно глубокие, узкие эрозионные долины с крутыми стенками называют *оврагами*.

*Балками* называют на юге СССР небольшие долины, большей частью довольно широкие, с пологими заросшими склонами, то сухие, то оживляемые временными водотоками. Обычно они возникают в результате роста оврагов в длину и ширину.

В средней части СССР долины с мягкими очертаниями и пологими задернованными склонами называют *логами*.

### Очертания долин в плане.

Долинное ложе обычно представляется извилистым в плане (в продольном горизонтальном профиле) и изменчивым по своей ширине: расширения чередуются с более или менее резкими и внезапными сужениями. Это чаще всего наблюдается в долинах, пересекающих на своем пути последовательно различные горные

гряды, разделенные понижениями, или же полосы пород различного состава и различной сопротивляемости выветриванию и размыву.

Сужения долин могут, впрочем, нередко обуславливаться и другими причинами, например, конусами выноса из боковых долин в главную, обвалами, осыпями, лавовыми потоками и пр.

Если тальвег долины описывает большие излучины, имеющие форму дуг, нередко с сильно сближенными концами, то такие участки называются *меандрами*.

Иногда и все долинное ложе описывает такие же излучины.

В том случае, когда вся долина глубоко врезана в земную кору и извилиста, ее меандры называются *врезанными*.

По бокам руслового ложа в широких и плоских долинах нередко наблюдаются *прирусловые валы*.

### Продольные и вертикальные профили долин.

Изучая нижнюю часть долинного ложа в продольном направлении, мы можем убедиться, что, сохраняя в общем наклон в одну сторону, оно несет на себе ряд углублений, которые нарушают это однообразие и правильность наклона, так что местами ложе получает как бы обратное падение. Если эти углубления не особенно значительны, то они общей картины продольного профиля не в состоянии исказить. В горных долинах продольный про-

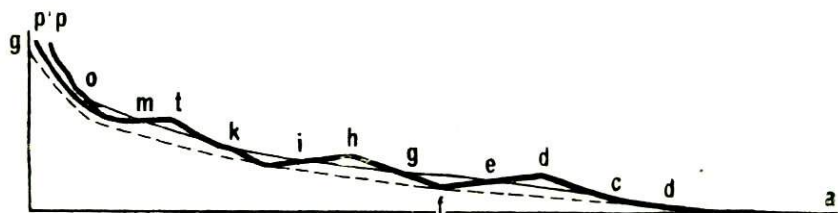


Рис. 14. Схема постепенной выработки профиля равновесия долины (по Мартонну):

*pthda* — первоначальный ломаный профиль; *p'd'a* — следующая стадия; *g'f* — еще более поздняя стадия.

филь в известной стадии развития речной долины получает вид плавной кривой параболической формы, вогнутостью обращенной кверху. Такой вид продольный профиль получит после того, как реки выровняют, частью путем эрозионного разрушительного процесса, частью путем заноса аллювиальным материалом, существовавшие в долине выступы и впадины, обуславливавшие изломы в продольном профиле. В верховье долины только что указанная кривая имеет тенденцию приблизиться к вертикальной, в низовье, наоборот, к горизонтальной (рис. 14).

В геоморфологии профиль такого рода принято называть *нормальным профилем равновесия*. Название это дано потому, что теоретически в долинах с профилем равновесия энергия волнового

потока целиком тратится на перенос материала и потому процесс глубинной эрозии (углубления речного ложа) приостанавливается, а вместе с тем приостанавливается и процесс углубления всей долины в целом. В природе, однако, такого состояния идеального равновесия обычно не наблюдается и потому даже в долинах с профилем равновесия процесс их дальнейшего формирования нельзя считать завершенным и прекратившимся.

В очень многих долинах, однако, особенно в горных странах, в продольном профиле наблюдаются более или менее резкие изломы ложа, обуславливающие чередование пологих участков с более крутыми или даже обрывистыми (уступы продольного профиля). Продольный профиль имеет ломаный, или уступообразный, вид, и долина получает тогда название *ступенчатой*. Река образует тогда на крутых участках *водопады, пороги* или *перекаты*, а на отлогих — *плесы*.

Вообще скорость течения воды в русле при прочих равных условиях зависит от величины уклона ложа, и с возрастанием последнего скорость течения, а вместе с тем и энергия разрушительной эрозионной работы потока возрастают. Это обстоятельство имеет решающее значение для выработки профиля равновесия, так как с течением времени выпуклые части долинного ложа ссылаются и постепенно снижаются, а вогнутые мало-помалу выполняются отлагающимися в них осадками и, таким образом, по-вышаются.

Неправильные продольные профили обычно бывают свойственны долинам сухих (аридных) стран, растущим периодически вследствие размыва потоками, возникающими в результате редких ливней. Долины ледниковые (современные и древнеледниковые) всегда характеризуются ступенчатым продольным профилем.

Хорошо разработанные долины с профилем, приближающимся к нормальному, в своем верховье часто бывают открытыми или полуоткрытыми: их ложе, как уже указывалось, постепенно выполаживаясь кверху, переходит в расплывчатую ложбину стока.

Сухие долины в аридных (пустынных) странах носят название *уади*, или *вади*. Они обычно представляются в своем верховье резко замкнутыми, так что склон долинного замыкания спускается к началу долинного ложа весьма круто или даже отвесно.

Ступенчатые долины в верховье точно так же бывают вполне замкнуты, причем самое замыкание нередко представляет более или менее обширный цирк с крутыми или отвесными склонами, обращенными к началу долины. Такова форма многих ледниковых долин.

Слепые долины свойственны, главным образом, карстовым областям (см. ниже). Их продольный профиль рисуется в виде вогнутой кривой, пологой в своей средней части, круто приподнимающейся к краям, т. е. к началу и концу долины. Нижний излом профиля соответствует тому месту, где ложе переходит в подземное отверстие, прорывающее нижнее замыкание. Сам по себе обрыв последнего, обращенный вверх по долине, составляет морфологический элемент, чуждый по своему происхождению соб-

ственно профилю долины. Точно так же можно оценивать и склон верхнего замыкания, если последнее прорезано подземным ходом. Таким образом, в карстовых *полях* и *воронках* к профилю долины относится лишь линия, рисующая нижнюю часть долинного ложа.

Так как *поля* и карстовые *воронки*, связанные своим происхождением с одной и той же системой проточных струй подземных вод, располагаются на различных гипсометрических уровнях, то карстовые долины, как правило, обладают в общем сильно изломанным продольным профилем, причем переход от одного участка к другому часто совершается скачкообразно.

Продольные профили сквозных долин имеют обыкновенно вид слабо вогнутых кривых, более или менее круто наклоненных вниз по долине: такие профили составляют лишь отрезки более длинных профилей сложных (стержневых) долин (о них см. ниже).

Продольные профили долин равнинных стран часто обладают особенностями, отличающими их от вышеприведенных схем. Нередко они представляют слабо выпуклые кривые, прерываемые горизонтальными отрезками там, где на долины нанизываются занесенные аллювием озёрные впадины.

### Поперечные профили долин.

Поперечные профили долин обуславливаются.

А — формой (профилем) склонов, В — способом сочетания склонов того или иного вида с долинным ложем, В — относительной высотой склонов и шириной долинного ложа.

Остановимся прежде всего на форме склонов. По внешнему виду мы можем различать склоны:

1. *Отвесные* или даже *нависшие* — подошва которых выражена отчетливо.

2. *Наклонные прямые* — более или менее ровная поверхность склона пересекается с горизонтом под углами различной крутизны; подошва ясно очерчена (рис. 15).

3. *Вогнутые* — верхняя часть склона крутая, книзу крутизна быстро убывает; подошва выражена нерезко.

4. *Выпуклые* — верхняя часть сравнительно пологая, дальше идет постепенное возрастание крутизны, иногда до отвесного положения; подошва большей частью выражена отчетливо (рис. 16).

5. *Ступенчатые* — линия поперечного профиля прерывается одним или несколькими изломами, обусловленными наличием горизонтальных или близких к горизонтальным площадок (*террасированные склоны*).

6. Наконец, могут быть и более сложные формы склонов, обусловленные сочетанием отрезков различного вида в различных взаимоотношениях (рис. 17).

Склоны долины приобретают ту или иную форму в результате:

- 1) глубинной и боковой эрозии водной артерии, вмещаемой долиной;
- 2) смыва атмосферными (дождевыми и снеговыми) водами;
- 3) процессов выветривания (физического, химического и органического);
- 4) обработки движущимся льдом (в ледниковых доли-

нах); 5) выходов на поверхность подземных вод (ключей и источников) или присутствия вечной мерзлоты (в областях развития вечной мерзлоты).

В речных долинах, возникших первоначально в результате тектонических процессов или аккумуляции ледникового (моренного) материала, или же вулканических процессов, приходится еще учитывать ту форму, какую первоначально имели склоны, до обработки их только что перечисленными агентами.

При анализе форм склонов необходимо принимать во внимание:



Рис. 15. Ущелье р. Пянджа ниже устья р. Язгулама, Памир (фото Г. Л. Юдина).



Рис. 16. Образование выпуклых горных склонов. Хребет Сары-Джаз, Центральный Тянь-Шань (фото Д. И. Яковлева).

- а) геологическое строение — условия залегания слоев;
- б) литологические свойства горных пород, слагающих склоны, определяющие большее или меньшее их сопротивление выветриванию и смыву, а в особенности их водопроницаемость (например: трещиноватость, пористость и пр.);
- в) климатические условия, т. е. амплитуду сезонных и суточных колебаний температур, влажность, количество и распределение по сезонам атмосферных осадков и пр.;
- г) состав и густоту растительного покрова;
- д) экспозицию — положение склона по отношению к странам света (отчего зависит инсоляция) и по отношению к господствующим ветрам.

Особенное значение имеют геологический состав и литологические свойства горных пород.

Так, в умеренных широтах водонепроницаемые породы (глины, твердые кварциты и пр.) обуславливают возникновение выпуклого профиля. Трещиноватые песчаники, известняки, лёссы и др. дают крутые, нередко отвесные склоны, породы трещиноватые, легко выветривающиеся (сланцы, мергели, некоторые массивные породы, туфы и т. п.) — покатые склоны.

Подошвы крутых и обрывистых склонов сплошь и рядом бывают закрыты нагромождениями осыпей и обвалов, искажающими их истинный профиль и оказывающими вообще немаловажное влияние на развитие форм всего склона.

Уступы на склонах могут возникать: 1) вследствие чередования полого залегающих слоев различной твердости и различной сопротивляемости выветриванию (рис. 18, 19), или же 2) по причине длительных задержек в процессе углубления

Рис. 17. Постепенное развитие поперечного профиля эрозионной долины (по Филиппсону).

долины при ее постепенном развитии (перерывы в ходе эрозионного цикла).

В первом случае каждый уступ совпадает с выходом более твердой (устойчивой) породы; во втором не замечается никакой

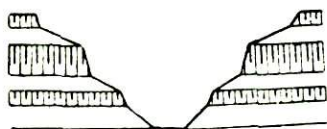


Рис. 18. Поперечный ступенчатый профиль эрозионной долины, врезанной в горизонтальные слои различной твердости (по Филиппсону).

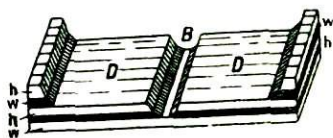


Рис. 19. Деструктивные продольные ступени:

$h$  — твердые, устойчивые слои;  $w$  — мягкие легкоразмываемые слои.

связи между геологическим составом и строением склонов и наличием уступов.

Часто исследователи называют *террасами* уступы того и другого рода. Но правильнее будет название «террасы» сохранить только за образованиями второй категории.

Обвалы, оползни, оплывины, отдельные утесы, пещеры, воронки и пр. в той или иной степени могут искажать форму склонов, в то же время влияя и на общий ход их эволюции (рис. 20, 21).

Обратимся теперь к рассмотрению собственно поперечных профилей долин.

Уже отмечалось, что вид последних обуславливается сочетанием той или иной формы и высоты склонов с большей или меньшей ширины долинным ложем.

Если высота склонов незначительна в сравнении с шириной долинного ложа, то о такой долине говорят, как о *неглубокой*, или *мелкой*. В противном случае она называется *глубокой*.

Если оба склона в поперечном сечении обратно подобны друг другу, то поперечный профиль называется *симметричным*, если нет — *асимметричным* (рис. 22). В последнем случае один склон всегда бывает круче другого (рис. 23).

Одна и та же долина в разных своих отрезках может обладать профилем то симметричным, то асимметричным. В извилистых долинах крутые склоны бывают приурочены обычно к вогнутой, более пологие — к выпуклой стороне, и, таким образом, то правый, то левый склон оказывается более крутым (рис. 24).

Если же разница в профиле противоположных склонов выдерживается на протяжении всей долины или на протяжении значительного отрезка ее, то такую долину или соответственный ее отрезок называют *асимметричным*.

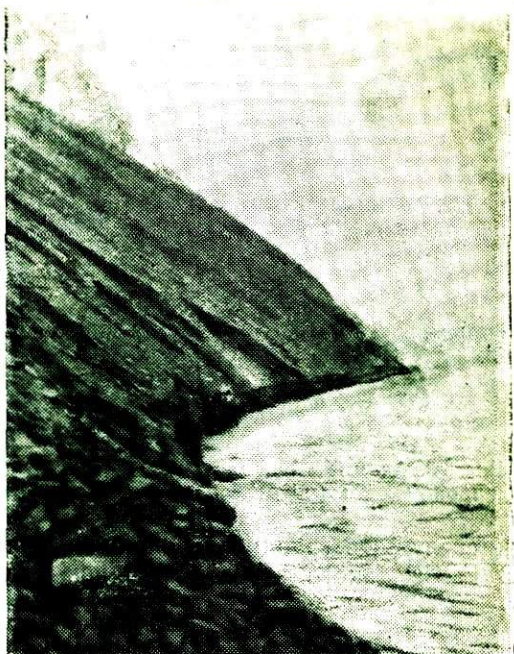


Рис. 20. Осыпи. Склон ущелья р. Бартауга, Памир (фото Г. Л. Юдина.)

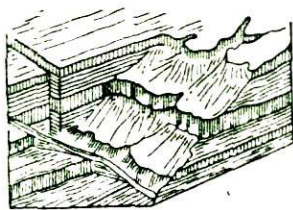


Рис. 21. Развитие ступеней и склонов (по Дэвису).

По виду поперечного профиля различают следующие типы долин:

1. *Клямы* или *щели*, — глубокие, чрезвычайно узкие долины с отвесными или местами даже нависшими склонами. (рис 25). Долинное ложе почти отсутствует, вернее, почти всю ширину совпадает с речным руслом (рис. 26). Такая форма долин наблюдается только в горах, преимуще-

2. *Каньоны* — долины с отвесными склонами, нередко уступами падающими книзу, и сравнительно узким долинным ложем. Встречаются в странах аридных или в странах с умеренным кли-

магом в тех случаях, когда долины пролегают среди толщ водопроницаемых пород. Известным примером этого рода долин мо-



Рис. 22. Асимметричная долина с узким тальвегом (по Филиппсону).

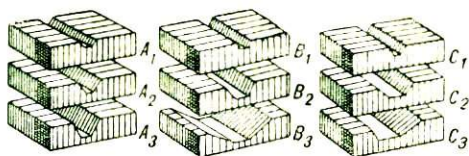


Рис. 23. Асимметричная долина с широким дном (по Филиппсону).



Рис. 24. Схематические блокдиаграммы различных типов долин.

жет служить грандиозный каньон Колорадо в Северной Америке. В СССР такого типа долины известны в Азиатской части СССР



Рис. 25. Ущелье Хёлентальклямм в Северных Альпах.



Рис. 26. Клямм в песчаниках, Малый Балхан (фото А. Д. Нацкого).

(Железные ворота, каньон реки Пянджа и др.), на Кавказе, в Сибири (рис. 28).

3. *Уади* — долины сухих стран (пустынь). Отличаются крутыми или отвесными склонами и таким же крутым округлым верхним замыканием. Представляют собой лишь разновидность каньонов.

Наряду с крутыми, нередко отвесными склонами для поперечного профиля уади характерно отсутствие древнеречных террас на склонах в том виде, как они развиты в эрозионных долинах обычного типа, а также отсутствие отчетливо выраженного руслового углубления. Дно этих сухих долин загромождено накопле-



Рис. 27. Клямм Хёллентальклямм в Северных Альпах.

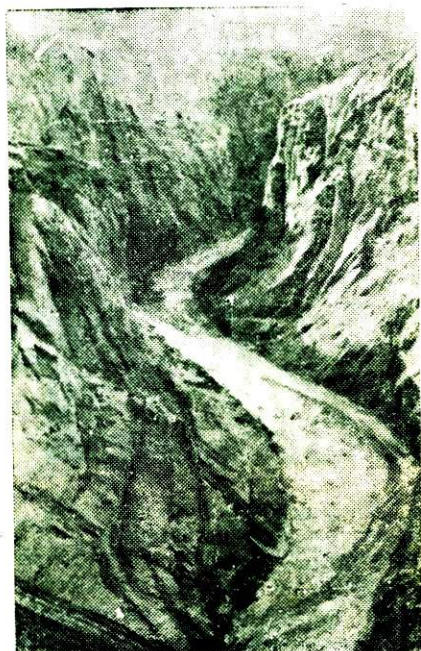


Рис. 28. Каньон долины Торонглы, Малый Балхан (фото А. Д. Нацкого).

ниями угловатой щебенки, дресвы и пыли, свалившихся со склонов продуктов выветривания, столь энергичного в пустынных странах. Во время катастрофических ливней, изредка случающихся в пустынях, уади переполняются дождевыми водами; смешиваясь с загромождающими дно этих долин мелкими и крупными продуктами выветривания, они превращаются в густые кашеобразные массы, несущиеся вниз бурными потоками.

4. *Ущелья* — глубокие, большей частью скалистые долины с выпуклыми склонами, книзу приобретающими значительную крутизну, с узким долинным ложем. Примерами таких долин являются: Дарьяльское ущелье на Кавказе, ущелье верхнего Енисея, многочисленные ущелья Средней Азии, Алтая и др. (рис. 29).

5. Типичные эрозионные v-образные долины представляют лишь разновидность предыдущих, отличаясь от них большей сполоченностью склонов и большей шириной долинного ложа (рис. 30, 31).



Рис. 29. Ущелье Уш-Кызыл-Капчигай, проложенное по тектоническому контакту, Центральный Тянь-Шань (фото Д. И. Яковлева).

статами, где одна долина соединяется с другой. В пункте соединения главная долина иногда меняет свое направление более или менее значительно, иногда же сохраняет свое прежнее направление.

Если продольные профили гальвегов двух долин при их соединении друг с другом сливаются незаметно, их принято называть *согласованными* (см. рис. 21).

Если же устье боковой долины при впадении в главную оканчивается уступом, то такую долину называют *висячей*. Главная долина по отношению к боковой в таком случае является *переуглубленной*. Иногда уступ наблюдается не только в боковой, но и в главной, близ устья боковой. Часто уступы бывают прорезаны узкими ущельями (рис. 36).

Типы 1, 2, 4 и 5 свидетельствуют об энергичной, большей частью активно действующей еще и в настоящее время глубинной эрозии (рис. 32, 33).

6. *Ящикообразные (трапецевидные) долины* отличаются от предыдущих гораздо большей шириной долинного ложа (рис. 34), обусловленной или длительной боковой эрозией, или энергичной аккумуляцией на дне эрозионной v-образной долины, или тем и другим (рис. 35).

7. *Корытообразные долины (троги)* свойственны главным образом эрозионным долинам, преобразованным деятельностью ледников. Отличаются крутыми вогнутыми склонами, книзу постепенно переходящими в долинное ложе (рис. 36).

Указывалось, что одна и та же долина может существенно менять свой продольный и поперечный профили в различных своих отрезках. Нередко такие изменения совпадают с теми местами, где одна долина соединяется с другой.

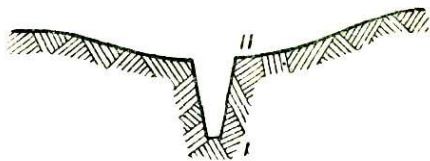


Рис. 30. Молодая узкая долина (I), врезающаяся в дно широкой древней долины (II) (по Филиппсону).

Переуглубленные и висячие долины свойственны преимущественно областям древнего оледенения, но иногда они встречаются



Рис. 31. Препаровка эрозией слоев различной твердости. Низовье р. Бартанга, Памир (фото Г. Л. Юдина).

и в других условиях, например, в областях с неоднородным геологическим составом.

Долины могут вступать в сочетание друг с другом также при помощи своих вершинных отрезков. Если две противоположно направленные долины сходятся своими вершинами так, что одна составляет продолжение другой, то такая пара долин называется по-немецки «тальцугом», что на русский язык можно бы перевести термином *сопряженная пара*. Часто боковые ответвления соседних долинных систем соединяются между собой множеством тальцугов. В таком случае возвышенная страна представляется разделенной сложной системой долинных коридоров на отдельные возвышенные массивы или отрезки. В плане мы получим тогда сложную долинную сеть. Такие страны отличаются доступностью, если только они не покрыты мощными ледниками как это имеет, например, место на Северо-восточном острове архипелага Шпицберген. Примерами тальцугов и долинных сетей изобилуют Урал и горные системы Сибири.

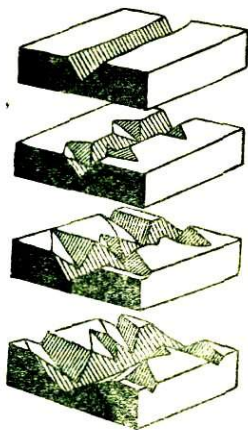


Рис. 32. Схематическое изображение постепенного расчленения склонов долины (по Мартонну)

Большинство крупных водных артерий (Лена, Енисей, Амур, Иртыш, Волга, Аму-Дарья, Дунай, Рейн, Нил, Амазонка, Миссисипи и др.), имея громадное протяжение в длину, протекает по долинам,



Рис. 33. Пример энергичного углубления долины водной эрозией. Река Мургаб ниже Сарезского озера (фото Г. Л. Юдина).

состоящим из отрезков различной формы и происхождения, связанным между собой единственно только тем, что они вмещают одну и ту же водную артерию. Такие образования принято называть сложными, или стержневыми, долинами. На их протяжении часто равнинные участки чередуются с гористыми (Лена, Енисей, Амур). Здесь на общий ствол, представляемый главной речной долиной, как бы нанизываются при посредстве боковых притоков комплексы долин различного вида и происхождения.

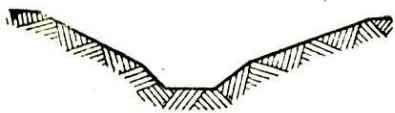


Рис. 34. Ящикообразный поперечный профиль долины со сплосженными нижними частями склонов (по Филиппсону).

### Происхождение долин.

Отмеченные выше общие всем долинам морфологические признаки с несомненностью свидетельствуют о том, что в образовании решительно всех долин, как указывалось, большую или меньшую роль играл один и тот же агент, действующий повсюду на суше, и только на суше, а именно *проточная вода*. Это с убедительностью подтверждается тем, что на дне океанов, морей и

крупных озер долины, в настоящем смысле этого слова, не встречаются, а также тем, что на суше наиболее густые сети долин приурочены к странам, хорошо орошаемым, изобилующим атмосферными осадками или же сложенным водонепроницаемыми горными породами (глинами, сланцами, диабазам, кварцитами и др.).

Но если долиной мы условимся называть только такую депрессию на суше, в происхождении которой обязательно приняла участие проточная вода, то, с другой стороны, было бы совершенно неправильно утверждать, что морфология долин определяется исключительно работой проточной воды.

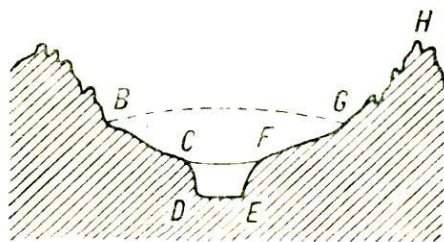


Рис. 35. Схематическое изображение поперечного профиля ледниковой долины (по Мартонну).

*BCFG* — порог; *CDEF* — позднейшая эрозионная долина.

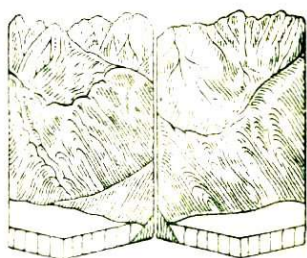


Рис. 36. Двухъярусные висячие долины (по Девису).

В целом ряде случаев в происхождении и развитии долин более или менее существенное участие принимают и другие геологические факторы. Перечислим главнейшие из них:

- 1) Вековые колебания литосферы (прямые и наклонные подъемы и опускания земной коры).
- 2) Эвстатические колебания океанической оболочки.
- 3) Тектонические, в собственном смысле слова, движения литосферы (горообразовательные процессы, образование флексур, сбросов и сдвигов).
- 4) Характер тектонических структур той или иной страны, подвергающейся размыву проточными водами.
- 5) Вулканические процессы.
- 6) Процессы оледенения (горного и материкового).
- 7) Процессы эоловые.
- 8) Процессы карстовые (работа подземных вод).

В зависимости от того, какой именно фактор накладывает свою печать на морфологию долин, они носят и соответственные названия.

Эрозионными называются долины, обязанные своим происхождением исключительно деятельности проточной воды.

*Тектоническими* — те, в формировании которых можно ясно уловить влияние тектоники.

*Вулканическими* — те, на морфологию которых явную печать наложили вулканические процессы.

*Ледниковыми* называются долины, запечатлевшие в своей морфологии следы работы ледников.

Эоловыми мы будем называть долины, в развитии которых участвовали эоловые агенты в условиях пустынного (аридного) климата.

К карстовым мы отнесем те, в развитии которых видную роль играли подземные воды (в областях развития растворимых в воде горных пород — известняков, гипсов).

Кроме речной эрозии, ни один из перечисленных факторов сам по себе не может создать долину; он может лишь принимать участие в ее возникновении и развитии.

Что касается вековых колебаний суши и эвстатических колебаний океанической оболочки, то они оказывают весьма существенное влияние на эволюцию долин любой категории на площади обширных областей.

Направление долин нередко находится в определенном отношении к некоторым ясно выраженным чертам земной поверхности, в существе своем обусловленным тектоническими структурами (горные складки, горные цепи, горные хребты).

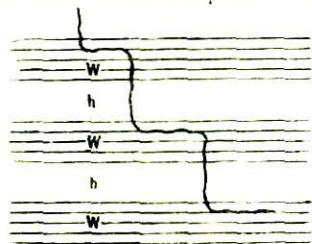


Рис. 37. Развитие диагональной речной долины (по Рихтгофену):

h — твердые слои; w — мягкие слои.

По отношению к указанным только что морфолого-тектоническим элементам различают долины:

✓ **Продольные** — идущие параллельно к ним (например, параллельно оси хребта).

**Поперечные** — пересекающие их под прямым углом (нормально к их простираю).

**Диагональные** — располагающиеся под косым к ним углом (рис. 37).

Понятия продольный, поперечный и диагональный применяются лишь в отношении к горным долинам.

✓ **Тектоническими** называют в геоморфологии такие долины, которые в своем направлении обнаруживают ясную связь с тектоническими структурами. Среди них мы можем выделить две различные генетические категории:

✓ 1. **Настоящие тектонические** — к которым относятся преобразованные работой проточной воды впадины, возникшие в результате дислокации земной коры.

2. **Приспособившиеся (псевдотектонические)** — такие, впадина которых целиком обязана своим происхождением эрозионным процессам, но направление размыва и форма долины определились под влиянием тектонических структур. Таким образом, в происхождении последнего рода долин тектоника играла пассивную роль.

В свою очередь настоящие тектонические долины могут возникать в результате движений, имевших место или до, или после начала размыва их проточными водами. Не всегда, впрочем, бывает возможно в точности установить, с какого рода последовательностью явлений мы имеем дело.

Среди *настоящих* тектонических долин по характеру дислокаций различают:

1) *Сбросовые* — располагающиеся на месте сбросовых линий, по которым соприкасаются друг с другом под углом две косе сдвинутые глыбы земной коры (Забайкалье, многие долины средней Сибири).

2) *Грабеновые* — располагающиеся на месте грабена (Иордан, Рейн, многие долины великой системы сбросов в восточной Африке и др.).

3) *Синклинальные* — к которым относятся многие продольные долины в горных цепях.

Но вообще настоящие тектонические долины не так часты.

Большинство описываемых в геоморфологических работах так называемых тектонических долин относится к категории *приспособившихся*, т. е. в процессе долговременного размыва выработавших себе направления, наиболее для себя удобные в соответствии с тектоникой подвергающейся размыву местности, главным образом по направлению более мягких слоев или легче разрушаемых складок. Сюда относятся долины:

1) *Антиклинальные* — располагающиеся вдоль осей антиклинальных складок.

2) *Синклинальные* — совпадающие с пониженной частью синклиналей (мульд).

3) *Сбросовые* — располагающиеся по линиям сбросов, являющихся зонами развития особенно легко разрушаемых пород (тектонических брекчий).

4) *Сдвиговые* — совпадающие с линиями сдвигов, характеризующихся развитием таких же пород, как и сбросы.

5) *Горстовые* — образующиеся на месте вытянутых в длину горстовых массивов, сложенных легко размываемыми породами.

6) *Моноклиальные* — располагающиеся по зонам развития легко размываемых осадочных пластов, более или менее круто наклоненных к горизонту и падающих в одну и ту же сторону. Смежные моноклиальные долины отделяются друг от друга моноклиальными краями (см. ниже в разделе «Горы»). Этого рода долины характерны для областей, отличающихся складчатой структурой (рис. 38).

Антиклинальные, синклинальные и моноклиальные долины всегда являются вместе с тем и продольными. Сбросовые могут быть и продольными и поперечными. Сдвиговые чаще всего бывают поперечными.

Наличие большого числа приспособившихся долин всегда свидетельствует о том, что страна вступила в сравнительно позднюю стадию эрозионного цикла.

Необходимо здесь упомянуть еще о двух типах долин, харак-

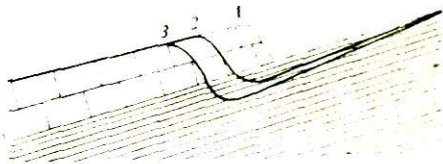


Рис. 38. Стадии постепенного развития моноклиальной долины

тер которых косвенно определяется тектоническими движениями, а именно:

1. *Антецедентные* — так называются долины, врезанные в горную цепь, более молодую по возрасту, чем сама долина. Такого рода долина может образоваться вследствие тектонических процессов: какая-нибудь возвышенность, вытянутая в поперечном к реке направлении, поднимается настолько медленно, что река успевает пропиливать ее, не отклоняясь существенно от своего первоначального направления. Достоверные примеры антецедентных долин весьма немногочисленны. С морфологической точки зрения антецедентные долины всегда являются сквозными. Впрочем, многие геоморфологи толкуют это понятие более распространено, называя антецедентной всякую долину, развивающуюся на поднимающейся вверх горной стране.

2. *Эпигенетические* — начинающие развиваться на толще слоев, перекрывающих несогласно (трансгрессивно) лежащую под ними серию слоев, обладающих сложной тектонической структурой и неодинаковым геологическим составом (рис. 39). После

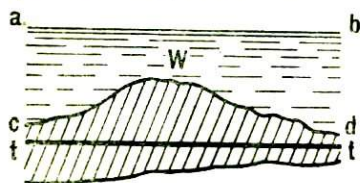


Рис. 39. Схема образования эпигенетической долины:

*ab* — древняя поверхность; *cd* — современная поверхность; *t* — эпигенетическая долина.

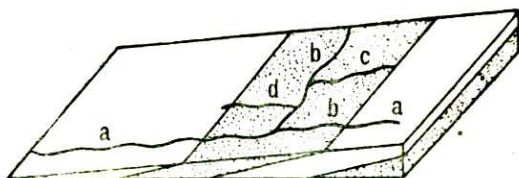


Рис. 40. Схема классификации рек и долин (по Девису):

*a* — консеквентные реки (и долины); *b* — субсеквентные реки; *c* — ресеквентные реки; *d* — обсеквентные реки.

смыва верхней покрывки долина, углубившаяся в нижележащую толщу, удерживая свое прежнее направление, не обнаруживает никакой зависимости от тектоники этой последней и часто рассекает как раз зоны твердых пород вместо того, чтобы прокладываться себе путь по более мягким. Многочисленные примеры эпигенетических долин известны в Забайкалье, Западной Сибири, на Урале, на Кавказе, в Средней Азии и в других странах.

Для характеристики отношения долин к тектоническим структурам, а отчасти и к рельефу многие геоморфологи пользуются еще и следующими терминами:

1) *консеквентные* — направление которых не зависит от тектоники, а определяется исключительно топографически — наклоном поверхности страны, или же падение которых совпадает в общем с наклоном слоев;

2) *субсеквентные* — долины (преимущественно боковые), успешные приспособить свое направление к геологическим структурам;

3) *обсеквентные* — долины, пересекающие пласты в направлении, обратном их наклону (рис. 40).

Довольно часто долины развиваются на месте ложбин или долин, возникших благодаря аккумулятивным процессам (ледни-

ковым, эоловым, вулканическим)<sup>1</sup>. Так, например, реки прокладывают свое течение между параллельными моренными грядами или между дюнами. Форма моренных гряд и дюн определяет в таком случае и форму самих долин (в плане). Так, в областях конечно-моренного ландшафта долины часто имеют дугообразную форму (например, область древнего Инского ледника на северном склоне Альп). Дюнные долины часты на равнинных песчаных побережьях морей (например, на северном берегу Германии).

Примером великой сложной долины может служить долина Волги. Исследования как прежних лет, так и в особенности исследования, производившиеся в связи с осуществлением проекта Большой Волги, в частности работы проф. Мирчинка и его учеников, показали, что долина Волги состоит из отрезков, возникших в разное время и различным путем и лишь в сравнительно недавние геологические времена соединившихся в то целое, которое мы называем теперь долиной Волги. Верхняя часть долины представляет образование весьма молодое. В ледниковый период эта часть еще не существовала, и она развилась лишь после отступления последнего (вюрмского) ледника частью путем перехватов отдельных речных стволков, текших в ином направлении, частью путем спуска и разработки эрозионной бороздой современной Волги приледниковых озерных бассейнов, существовавших здесь в позднеледниковое время. Подробный анализ, произведенный проф. Мирчинком, обнаружил, что и эта верхняя часть долины Волги может в свою очередь быть подразделена на несколько частей, отличающихся друг от друга и по своей морфологии и по своей истории развития. На всем этом пространстве Волга представляет сравнительно молодую реку, еще и сейчас энергично размывающую свое ложе. Наоборот, в среднем своем течении, от устья Камы, Волга обладает долиной гораздо более древней, занесенной мощными толщами аллювиальных наносов, коренная подстилка которых местами опускается много ниже уровня Каспийского моря. Наконец, ближе к Каспийскому морю мы опять имеем сравнительно молодой отрезок, так как установлено, что раньше Волга впадала в Каспий гораздо дальше к юго-западу, чем в настоящее время, и лишь впоследствии приобрела то направление, какое мы видим в настоящее время. Историю отдельных участков долины Волги удастся расшифровать лишь путем тщательного анализа морфологии, геологического состава и палеонтологического содержания как развитых по берегам Волги террас, так и наносов в самой долине, что в настоящее время значительно облегчается многочисленными бурениями и другими искусственными выемками, производимыми в связи с осуществлением проекта Большой Волги. Тем не менее история долины Волги не может пока считаться выясненной во всех подробностях, и в этом отношении требуются еще дальнейшие изыскания.

<sup>1</sup> Так называемые *барранкосы* на склонах вулканов и кальдеры представляют чисто эрозионные долины.

Еще более сложную и в то же время еще менее освещенную картину дают нам гигантские долины сибирских рек — Иртыша, Оби, Енисея, Лены и Амура.

Верховьями своими Иртыш и Обь начинаются далеко в глубине Алтайских гор; здесь они состоят из сильно разветвленных систем речных долин, возникших еще в доледниковое время и затем переживших многообразные превращения под влиянием оледенения и связанных с последним перераспределений гидрографической сети, в частности перехватов, неоднократно имевших место и в ледниковое и послеледниковое время. В пределах южной части Западно-Сибирской равнины долины рек в доледниковое время (в начале четвертичного периода), если и начали развиваться, то лишь в самых первоначальных стадиях и во всяком случае имели и формы и направление, существенно отличные от современных. То же самое имело место и в период оледенения Алтая. На громадных пространствах в это время, по представлению многих ученых, Западно-Сибирская равнина занята была озерами, соединявшимися протоками, а долины Иртыша и Оби в их современном виде тогда еще не существовало. В особенности это касается частей равнины между 60-й параллелью северной широты и побережьем Карского моря. Низовья долин Иртыша и Оби, равно как долины Таза, Пура, Надыма, очень молоды и образовались уже в послеледниковое время в своем современном виде.

Енисей начинается в горных системах, отделяющих Тувинскую республику от Монгольской народной республики. На своем пути к Карскому морю он пересекает ряд горных хребтов и разделяющих их более или менее глубоких впадин и далее на протяжении нескольких тысяч километров течет по окраине Западно-Сибирской равнины, по границе последней со Средне-Сибирской столовой страной. На этом участке он принимает в себя справа громадную сложную систему Ангары, которая по площади своего бассейна и по мощности самой водной артерии не только не уступает Енисею, но даже превосходит его. И Енисей и Ангара на своем пути к морю пересекают таким образом территории различного тектонического устройства, прошедшие различные стадии геологических изменений в прошлом и потому существенно отличающиеся друг от друга и в геоморфологическом отношении. В пределах каждой из этих территорий долина меняет свой морфологический облик, представляясь то в виде сравнительно неглубокого вреза с относительно мягкими склонами и медленным течением реки (как, например, в пределах Усинского края и Минусинской котловины), то приобретает вид дикого ущелья с массой порогов и порогов (например, в прорыве через Западный Саян) и т. д. При этом меняются не только внешний вид долины и весь характер окрестного ландшафта, но число и строение террас на склонах речной долины, свидетельствуя, таким образом о том, что эти различные по своему внешнему виду участки долины действительно прошли через неодинаковые стадии развития. Еще более пеструю смену мы можем наблюдать на

Ангаре, в развитии которой чрезвычайно важную роль сыграли колебания уровня озера Байкал, которое с одной стороны, служит базисом эрозии для всей системы Селенги с ее притоками, с другой стороны — истоком для самой Ангары.

Не останавливаясь на дальнейших примерах, ограничимся замечаниями, что аналогичную картину мы получим при анализе морфологии отдельных участков почти любой крупной водной артерии достаточной длины. Только более короткие долины, длина которых не превосходит 200—300 км, сохраняют на всем своем протяжении бóльшую однородность своих морфологических особенностей.

### Асимметричные долины.

Уже отмечалось, что даже в таких долинах, в которых оба склона по своим очертаниям в общем одинаковы, поперечные профили могут в отдельных пунктах часто представляться асимметричными по причине неодинакового подмывания правого и левого склонов речными излучинами. Но, кроме того, нередки и такие долины, в которых очертания противоположных склонов оказываются неодинаковыми на значительных пространствах, а иногда и на всем протяжении данной долины. Такого рода долины и называются *асимметричными* в собственном смысле слова.

Характер и причины асимметрии долин могут быть весьма различны. Иногда асимметрия выражается только в несходстве профилей противоположных склонов, в других случаях несходство простирается также на строение и самого долинного ложа. Что касается причин асимметрии, то они могут заключаться или в геологических условиях развития долины, или зависеть от внешних, в частности от климатических факторов, или, наконец, определяться более общими причинами астрономического порядка.

К числу долин, асимметрия которых объясняется геологическими условиями, относятся прежде всего моноклиналильные долины, т. е. продольные долины, проложившие себе путь по простиранно более или менее круто наклоненных к горизонту относительно мягких слоев, залегающих среди более твердых. Такие долины составляют характерную черту *куэстового* ландшафта. У них пологим представляется склон, совпадающий с висячим боком пласта, залегающего под размываемым рекой мягким слоем, а крутой соответствует выходу головы налегающего на этот мягкий пласт твердого слоя. Асимметричными весьма часто бывают также долины, проложенные по простиранию сбросов, как вертикальных, так и в особенности косых. Могут развиваться также асимметричные долины и при медленных косых подъемах отдельных участков литосферы. Затем вообще во всех тех случаях, когда реки текут по спаю пород различной сопротивляемости размыву, создаются условия, благоприятные для развития асимметричных долин. В подавляющем большинстве асимметричные долины описанного типа являются вместе с тем долинами продольными (по отношению к геологическим структурам). В долинах

поперечных случаи асимметрии, зависящей от геологической разнородности строения склонов, наблюдаются реже.

Нередко асимметрия наблюдается, однако, в долинах и при совершенно горизонтальном залегании слоев и при одинаковом геологическом составе обоих склонов. В таком случае причиной ее может быть или неодинаковая инсоляция, а в связи с этим и неодинаково быстрое выветривание и разрушение пород на противоположных склонах, или же неодинаковая экспозиция по отношению к господствующим ветрам, или же связанное с предыдущими условиями неодинаково быстрое таяние снегового покрова и неодинаковая густота и состав растительного покрова на обоих склонах. Во многих частях горной Сибири склоны, обращенные на юг, оказываются более отлогими, так как они раньше освобождаются от снегового покрова, раньше обсыхают и легче разрушаются стекающими по ним дождевыми и снеговыми тальми водами. Поэтому и растительный покров на них реже, а часто и совсем почти отсутствует. Северные склоны, наоборот, дольше остаются под снежным покровом, лучше увлажняются, растительность на них гуще и разнообразнее, поэтому они круче. Это явление настолько характерно, что в некоторых районах можно в ненастный день по характеру склонов безошибочно определять страны света. Разумеется, в меридиональных долинах обусловленная указанными причинами разница в профилях склонов ступенчатая.

Во многих долинах, особенно равнинных стран, правый берег оказывается возвышенным, а левый низменным. Асимметрия этого типа, подмеченная уже очень давно, проявляется, между прочим, в весьма отчетливой форме в долинах большинства крупных рек Европейской части СССР (Волги, Днепра, Дона и др.), текущих в меридиональном направлении. Бэр объяснил в свое время это явление тем, что при вращении земли вокруг своей оси зоны, расположенные ближе к экватору, проходят в единицу времени большие расстояния, чем более удаленные от него. По этой причине в меридионально текущих с севера на юг реках северного полушария вода перемещаясь из более высоких широт, где она получила известное ускорение, в более низкие, где вращение вызывает большие скорости движения земной поверхности, должна отставать от последней и получать уклон к западу, т. е. вправо. Если же река течет с юга на север, то, наоборот, вода получает большие ускорения, чем земная поверхность, и, попадая в более высокие широты, должна отклоняться к востоку, т. е. опять-таки вправо. Вот почему вода в реках северного полушария всегда должна подмывать правый берег и делать его более крутым. В южном полушарии по той же причине крутыми всегда должны быть левые, а низменными правые склоны долин. Закон, объясняющий асимметрию меридиональных долин вращением земли вокруг своей оси, получил название *закона Бэра*, по имени впервые формулировавшего его ученого. Необходимо, впрочем, оговорить, что теория Бэра при всем ее остроумии требует еще проверки и дальнейшего подтверждения, в особенности со сто-

роны количественного эффекта влияния вращения земли на выработку асимметрии долин, тем более, что подобная же асимметрия наблюдается и у долин, имеющих немеридиональное направление.

Остается еще прибавить, что асимметрия может также обуславливаться и другими причинами, например приуроченностью долин к ложбинам между аккумулятивными, с самого начала уже имевшими несимметричную форму грядами — между грядами конечных морен в конечно-моренном ландшафте, между грядовыми прибрежно-морскими дюнами и пр.

### **Некоторые общие дополнительные замечания о развитии долин.**

Способность к закономерному постепенному развитию в определенном направлении составляет характерную особенность всякой долины, отличающую ее от всех других форм рельефа и обуславливающую то особенное значение, какое имеют долины в развитии геоморфологического ландшафта. Усилия современных школ геоморфологов-генетиков направлены, главным образом, на установление законов этого развития.

С точки зрения способности к эволюции мы будем различать долины *живые*, *мертвые* и *ископаемые*.

*Живые* — это те, в которых еще присутствует главный агент, придающий всякой долине ее наиболее типичные черты, т. е. струи проточной воды (речные потоки), постоянные или периодически действующие.

К *мертвым* относятся лишённые водотоков (сухие) долины, которые могут встречаться в странах с самыми разнообразными климатическими условиями.

Наконец, *ископаемыми* мы будем называть долины, погребенные под толщами аккумулятивного материала, маскирующего в более или менее полной степени их первоначальную морфологию (встречаются в областях вулканических и древнеледниковых).

В ископаемых долинах процесс эволюции остановился полностью.

В мертвых (сухих) долинах могут происходить сколько-нибудь заметные изменения только в силу причин, не связанных непосредственно с эрозионной деятельностью речной артерии (выветривание, случайные ливни и т. п.) и потому лишённых признака закономерных изменений.

Полная способность к непрерывному развитию в живых долинах тесно связана с эрозионной деятельностью вмещаемой ими водной артерии, хотя отнюдь не исчерпывается ею целиком. Совокупное действие эрозии, как глубинной, так и боковой, равно как химического растворения горных пород струей проточной воды, и результатов выветривания ведут к постепенному удлинению долины в направлении к ее верховью в сторону, противоположную базису эрозии, к ее углублению и расширению, а также к тому, что к главной долине с боков присоединяется все большее и большее число вновь образующихся долин.

Словом, эволюция долины заключается в ее росте во всех трех указанных направлениях и в ее ветвлении. Параллельно с этим процессом изменяется и весь облик рельефа и ландшафта.

Совокупность изменений, испытываемых рельефом известной страны под влиянием расчленения ее речными долинами от первых моментов этого процесса до почти полного замирания роста долин, при условии устойчивого положения базиса эрозии в течение всего этого процесса, принято, по предложению американского географа Девиса, как уже говорилось, называть *циклом эрозии*, или *эрозионным циклом* (полным).

Очевидно, полностью пройти все стадии такого цикла (так называемого *нормального эрозионного цикла*) страна может лишь в том случае, если имеются налицо условия для полного развития нормальной и энергичной эрозии реки, т. е. если страна достаточно высоко поднята над уровнем моря.

Девис, как мы уже видели, сделал попытку чисто дедуктивным путем установить главные стадии, какие должна пройти такая страна в течение цикла, и полученные таким образом результаты положил в основу своего учения о *возрастах форм* и ландшафта в целом и своего так называемого *объяснительного описания* форм рельефа.

Проследим вместе с Девисом вкратце главные этапы нормального эрозионного цикла.

Представим себе равнину или сильно выровненную вообще страну, которая в силу эпейрогенических движений литосферы будет поднята на более или менее значительную высоту над уровнем моря. Она начнет немедленно при благоприятных климатических условиях подвергаться расчленению эрозионными проточными артериями.

Первоначально направление водных артерий будет определяться исключительно топографическим наклоном поверхности страны (реки проложат *консеквентные* долины). По этим долинам и пойдет расчленение поверхности исходной страны. Реки начнут углублять свои ложа, не считаясь с геологическими особенностями. Долины представляются поэтому в виде сравнительно слабо разветвленных более или менее глубоких рывин, продольный профиль ложа которых будет иметь вид ломаной линии, отражающей на себе детали геологических особенностей (различной сопротивляемости размыву) горных пород, пересекаемых на своем пути рекой. Выветривание и обрушивание склонов долин в силу сравнительно еще малой высоты этих склонов играют относительно второстепенную роль. Сеть долин еще редка и мало разветвлена. Водоразделы и междуречные пространства слабо расчленены, их верхние части сохраняют еще свою выровненность, и общие очертания их продолжают оставаться массивными. В общем весь рельеф носит еще характер известной примитивности своих очертаний и малой разработанности. Он не вышел еще из самых первых стадий эволюции.

Для наглядности можно проводить известную аналогию между стадиями развития рельефа страны под влиянием эрозионных про-

цессов и возрастными стадиями эволюции отдельного организма, как это сделал Девис и как делают теперь, следуя его примеру, почти все геоморфологи. В таком случае позволительно будет говорить и о «возрасте» рельефа, учитывая все те оговорки, какие были сделаны в общей части настоящего руководства (см. выше). Тогда мы вправе будем вместе с Девисом только что описанную начальную фазу эрозионного цикла обозначить как стадию *ранней молодости*.

Предположим, что положение общего базиса эрозии страны остается неизменным и что процесс расчленения страны реками продолжается непрерывно. Углубляя свои ложа и встречая местами более сильное, а местами более слабое сопротивление своей работе, реки начинают приспосабливать свое течение к геологическим структурам, представляющим наименьшие трудности для их течения; эту тенденцию начинают проявлять в особенности боковые притоки, которые прокладывают свои долины по полосам наиболее легко размываемых толщ, образуя, следовательно, субсеквентные долины. Но продольные профили долин все еще остаются невыработанными, изобилуют изломами, соответствующими выходам более твердых (прочных) пород, и в соответствии с этим реки обладают еще неурегулированным течением — пороги, перекаты и водопады чередуются с плёсами. Боковая эрозия еще играет подчиненную по сравнению с глубинной роль. Долины поэтому представляются в виде глубоких и относительно узких ущелий. Энергичное углубление долин идет рука об руку с возрастанием энергии процессов денудации на склонах, где все новые и новые толщи коренных пород выступают на дневную поверхность, становятся, таким образом, доступны воздействию атмосферных агентов и вовлекаются в процесс разрушения и распада. Обильные количества обломков и отторженцев коренных пород сваливаются со склонов в долинные тальвеги и уносятся дальше бурными водотоками. Таким образом, повсюду наблюдается быстро идущее интенсивное расчленение страны, которая приобретает вид горного ландшафта, отличительными чертами которого являются острые формы, изрезанные, с крутыми склонами, узкие порожистые долины, обилие выходов коренных пород как на склонах долин, так и на водоразделах и на междуречных пространствах. Чем выше приподнята страна над уровнем моря, чем лучше орошается она проточными водами, тем более дикий, изрезанный характер приобретает ее ландшафт. Бурное течение эрозионных и денудационных процессов, мощное проявление природных разрушительных сил и их неурегулированный, неуравновешенный баланс позволяют эту фазу эрозионного цикла сравнивать со стадией молодости в жизни организма и обозначать как стадию *юности* эрозионного цикла.

В дальнейшем при продолжающемся устойчивом положении базиса эрозии процессы расчленения рельефа идут попрежнему, но начинают постепенно приобретать более спокойное, как бы более уравновешенное течение. Неровности продольных профилей тальвегов постепенно сглаживаются работой проточных вод. Точно

также начинают постепенно расширяться и самые долины, заполняясь аккумулятивными массами аллювиального материала. Крайняя расчлененность рельефа, характеризовавшая предыдущую стадию цикла, незаметно начинает уступать место более простым сферическим формам как на склонах долин, так и на междуречных пространствах и на водоразделах. Развитие цикла вступает в ту стадию, которую можно назвать стадией *зрелости*. Общий характер ландшафта в эту стадию имеет тот вид, который немецкие геоморфологи обозначают названием *среднегорного ландшафта* (см. ниже).

Примеры молодых стадий развития эрозионного цикла дают нам Альпы, Кавказ, Тянь-Шань, Памиро-Алайские хребты, Гималаи, Анды, Кордильеры, вообще большей частью так называемые молодые в геологическом смысле этого слова горные цепи. Зрелые формы мы находим в большинстве наших сибирских горных систем (Саянские горы, Кузнецкий Алатау, Забайкальские горы, Становой хребет и пр.).

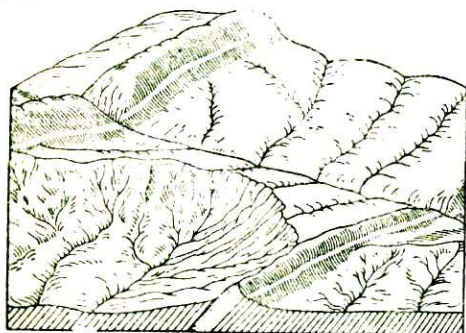


Рис. 41. Схема готовящегося речного перехвата (по Девису).

Проследивая мысленно дальнейший ход эрозионного цикла, мы увидим, как мало-по-малу стадия зрелости сменяется фазой *поздней зрелости*, при которой признаки изношенности рельефа выступают еще с большей отчетливостью: долины расширяются, их склоны приобретают более плавные спокойные очертания, падение

рек становится все более пологим, а вместе с тем течение их более спокойным и замедленным, междуречные пространства (возвышенные) снижаются и приобретают более мягкие формы; общий темп эрозионных процессов вместе с тем замедляется. Примером могут служить многие части Урала, Казахской степи и пр.

В период зрелости и поздней зрелости весьма обычны явления речных перехватов, благодаря которым страна постепенно все больше и больше распадается на отдельные горные массивы, разделенные понижениями, соответствующими долинам и глубоким перемычкам перевалов, служащих сообщением между последними (рис. 41). Типы долин тектонических (приспособившихся) и открытых являются весьма распространенными в странах, достигших этой стадии развития, в соответствии с чем и вся сеть долин дает картину решетчатой структуры (см. ниже). Впрочем, и в странах более молодых явления перехватов, долинных прорывов и местных решетчатых сочетаний долинных сетей не составляют исключительного явления.

В дальнейшем ход эрозионных и денудационных процессов еще более замедляется и теряет в своей интенсивности, но отнюдь не

приостанавливается до тех пор, пока вообще имеются части рельефа, сколько-нибудь заметно приподнятые над базисом эрозии и, следовательно, дающие точки приложения для разрушительных — денудирующих и эродирующих — сил и процессов. Поэтому эрозионная работа в долинах продолжается, но в соответствии с выполаживанием продольного профиля и прогрессивным заносом долин аллювиальным материалом речные русла начинают, описывая широкие излучины, меандры (рис. 42), все больше и больше производить боковую эрозию, еще более сужи-



Рис. 42. Северная Сибирская равнина в районе селения Дудинки (аэрофото с высоты 1500 м).

вая, таким образом, площади, занятые междуречными пространствами. Параллельно с этим последние все более снижаются, и лишь там и здесь отдельные, сложенные особенно прочными породами части их, уцелев в виде останцов, еще долгое время возвышаются над окружающей местностью, приобретшей мягкие, плавные очертания. Ландшафт вступает в стадию *старости*, проявляя во внешнем своем виде черты далеко зашедшей изношенности.

Последней фазой эрозионного цикла нужно считать ту, когда страна настолько смыта денудационными и эрозионными процессами, что окончательно утратила черты горного и даже холмистого рельефов и приблизилась по своему внешнему облику к равнине. О такой стране говорят, что она вступила в стадию окончательной *дряхлости*. Ее реки лениво катят свои воды по широком, с расплывчатыми очертаниями склонов долинам, загромо-

жденным колоссальными массами аллювиальных наносов. Между-  
речья едва приподнимаются над тальвегами. Там и сям на них  
поднимаются одиночные *останцы (монаднок)*, сложенные более

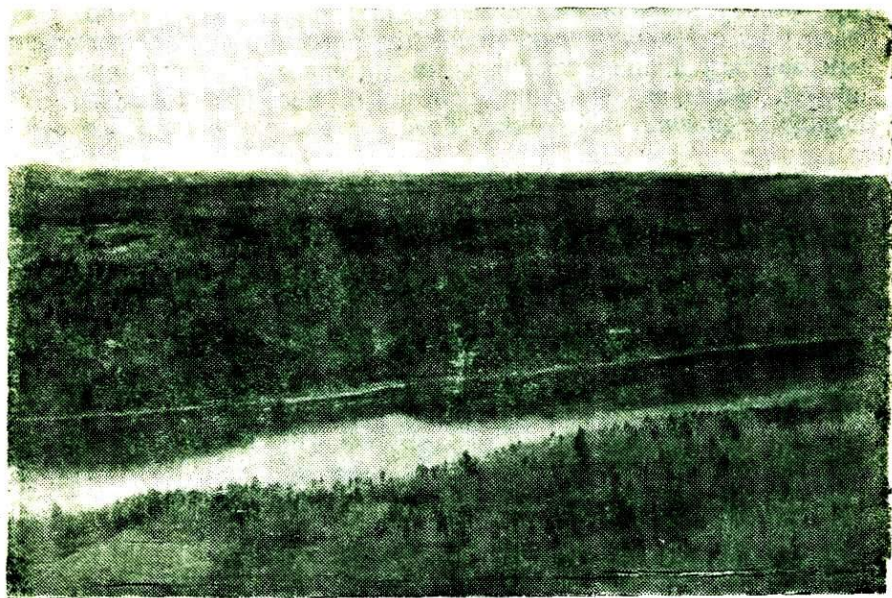


Рис. 43. Типичная поднятая почти-равнина, северная часть Красноярского края  
в районе Енисейских щек (аэрофото с высоты 750 м).

прочными породами. Общий же уровень поверхности страны едва  
приподнят над базисом эрозии. В таком состоянии страна может  
оставаться неопределенно долгое время, если только не произой-



Рис. 44. Рельеф Ишигартских гор к югу от впаде-  
ния Ишигарта в Иртыш, Тянь-Шань.

дет каких-либо на-  
рушений в положе-  
нии базиса эрозии  
под влиянием дви-  
жений литосферы  
или эвстатических  
колебаний уровня  
моря. Для такого  
состояния рельефа  
Девис предложил  
быстро укоренив-  
шийся в науке, но  
по существу не со-

всем правильный термин *печеплен*, что в переводе на русский  
язык значит *почти-равнина* (рис. 43). Последний термин, как бо-  
лее благозвучный и более правильный, предпочтительнее упо-  
треблять в сочинениях на русском языке (рис. 44).

Мы проследили, таким образом, мысленно, чисто дедуктивным путем, все стадии полного нормального цикла эрозии, как он должен был бы протекать, если бы осуществлялись следующие условия: 1) устойчивое положение базиса эрозии в течение всего цикла; 2) более или менее однообразное господство климатических условий на протяжении всего цикла; 3) большая или меньшая однородность геологического строения и состава на всей территории страны, подвергающейся преобразованиям в течение данного цикла; 4) начало ощутительного воздействия на рельеф эрозионных процессов лишь после того, как страна уже поднялась на значительную высоту над базисом эрозии.

В действительности, конечно, ни одно из этих условий не осуществляется полностью в природе. Базис эрозии весьма часто

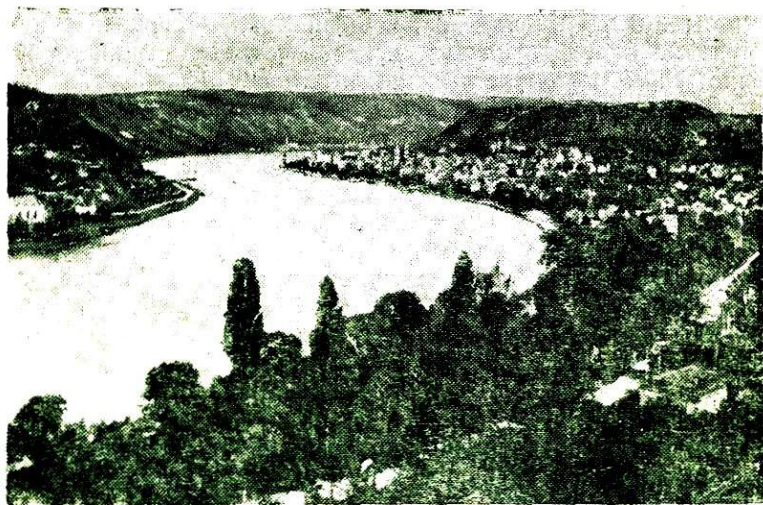


Рис. 45. Пенеплен. Рейнские Сланцевые горы.

испытывает смещения в силу самых разнообразных причин как тектонического, так и климатического порядка. Климатические условия меняются с течением времени, причем эти изменения носят то характер периодических колебаний различной длительности, то более глубоких и коренных перемен. Обширные участки литосферы почти всегда обладают разнообразным геологическим строением и составом. Наконец, что самое главное, эпейрогенетические подъемы литосферы совершаются настолько медленно, что эрозия начинает моделировать рельеф уже с самых первых моментов этого подъема, а не после того, как подъем закончился. Таким образом, когда эпейрогенетический подъем известной части литосферы закончится, ее рельеф оказывается уже достигшим той или иной степени сложности, зависящей, кроме всего того, о чем говорилось выше, также от скорости (темпа) подъема и его амплитуды. При прочих равных условиях страна, испытавшая быстрый

подъем на небольшую высоту, будет в дальнейшем расчленяться эрозионными агентами совершенно иначе, чем та, которая поднялась столь же быстро на гораздо бóльшую высоту, или та, подъем которой происходил опять-таки на бóльшую высоту, но очень медленно (рис. 45).

Все отмеченные обстоятельства вносят чрезвычайное разнообразие и усложнения в ход эрозионного цикла как в целом, так и в ряде частных, и, таким образом, на изложенную выше картину мы можем смотреть лишь как на идеальную схему, которая применительно к каждому отдельному случаю может чрезвычайно существенно варьировать. Тем не менее, как всякая научная, основанная на строго продуманных логических предпосылках схема, она сохраняет свое значение и может оказать громадные услуги при геоморфологическом анализе, тем более, что какими бы путями ни шел эрозионный цикл, конечный результат, если цикл не будет прерван, всегда остается один и тот же, а именно: *снивелирование всех значительных неровностей рельефа и низведение страны до степени почти-равнины (пенепленизация страны)*.

Весьма обычны нарушения, как бы перерывы, в ходе нормального эрозионного цикла, вызываемые или смещением базиса эрозии, или климатическими изменениями, или реже — какими-нибудь местными причинами (например, прорывами и спуском озер, завалами долин в горах, землетрясениями и пр.). Циклы, спокойный ход которых нарушен более или менее резко, называются *неполными*, или *прерванными*, *циклами*. Следы таких перерывов запечатлеваются прежде всего на морфологии наиболее важной и чувствительной ко всякого рода изменениям в ходе развития составной части рельефа, именно на долинах, чаще всего в виде морфологических образований, которые носят название *террас* и о которых, ввиду их большого значения в геоморфологии, придется сказать подробнее особо.

---

## ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СКЛОНОВ.

Уже отмечалось, что поперечные профили долин определяются характером сочетания тальвегов и склонов и что в данном случае, как и во многих других, в геоморфологии весьма важное значение имеют не только собственно очертания тех и других, но и количественные соотношения, т. е. то или иное развитие первого в ширину, а вторых в вертикальном направлении. Так как развитием долин определяется расчленение рельефа целых обширных стран, то очевидно, что анализ процессов формирования и развития склонов вообще и склонов долин в частности приобретает в геоморфологии сугубо важное значение. Необходимо поэтому несколько остановиться на этом вопросе, разбору которого посвятил особенно много внимания Вальтер Пенк. Задача эта представляется весьма сложной потому, что можно представить себе почти бесчисленное множество вариаций сочетания склонов с тальвегом, как и бесконечное множество профилей собственно самых склонов, начиная от отвесных и даже нависших и кончая весьма пологими, образующими крайне малые углы с горизонтом.

Однако, при всем отмеченном разнообразии своих очертаний, как отметил В. Пенк<sup>1</sup>, наблюдаемые профили склонов могут быть сгруппированы в три основные категории, или типа: 1) *прямолинейные*, 2) *вогнутые* и 3) *выпуклые*. Что касается ступенчатых склонов, то и среди них можно различать вогнутые и выпуклые изломы склонов.

В. Пенк обратил внимание на то, что преобладание в геоморфологическом ландшафте того или иного типа склонов и в особенности среднего угла наклона последних характерно для денудационного рельефа целых стран, которые, «часто, — по выражению автора, — характеризуются явственным тектоническим единством», причем «это явление ни в какой мере не зависит от расположения и характера климатических поясов». Он утверждает, что в зонах складчатых (молодых) гор «преобладают ассоциации форм с выпуклыми профилями склонов, между тем как в областях континентальных массивов они играют подчиненную роль» (рис. 46). Что касается прямолинейных профилей, то они встречаются как там, так и здесь.

<sup>1</sup> Walther Penck, Die morphologische Analyse, 1924.

Между абсолютной и относительной высотами страны и средним наклоном склонов нельзя установить никакой закономерной зависимости; поэтому В. Пенк даже предлагает заменить выражение *высокогорный* рельеф словом *крутосклонный*, а *среднегорный* — умеренным (средним)<sup>1</sup> рельефом, а для типов рельефа с очень пологими склонами употреблять выражение *пологосклонный* и *уплощенный* рельеф. Разумеется, все эти типы рельефа не ограничены сколько-нибудь резко друг от друга: существует множество переходных форм от одних к другим.

Необходимо заметить, что утверждение В. Пенка о полной независимости внешних очертаний денудационного рельефа от климатических зон едва ли может быть принято безоговорочно.

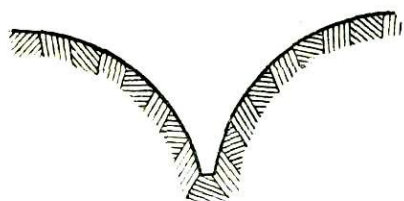


Рис. 46. Выпуклые склоны долины, возникшие при быстром подъеме страны (по Филиппсону).

Сам автор подробно развивает положение, что весь процесс развития профиля склона и конечный вид последнего определяются, кроме всего прочего, скоростью и интенсивностью совершающихся на нем процессов выветривания, мощностью образующихся при этом толщ продуктов выветривания на склоне и скоростью сноса этих продуктов со склона. А в ходе процессов выветривания климатические факторы бесспорно играют первенствующую роль.

Ниже будет показано, какая зависимость существует между распределением высокогорных и среднегорных форм и климатическими — горизонтальными и вертикальными — зонами на земном шаре. Здесь достаточно будет пока напомнить, что даже в одной и той же местности профили склонов обнаруживают нередко прямую зависимость от экспозиции, с которой связана степень увлажнения, прямым образом влияющая на скорость выветривания и сноса делювиальных продуктов. Если верно в общем то, что комплексы форм с выпуклыми и крутыми склонами преобладают в складчатых (молодых) горных странах, а с вогнутыми, более отлогими — в областях древних континентальных массивов, то это в значительной мере объясняется тем, что вторые в своей геологической эволюции зашли дальше первых и потому значительно снижены, между тем как первые сплошь и рядом поднимаются своими гребнями выше зоны лесной растительности, другими словами, что и здесь расчленение денудационными агентами определяется в немалой степени вертикальными климатическими зонами. О том, какую роль при этом играют процессы снегового выветривания в горных странах, поднимающихся выше снеговой линии, всем хорошо известно.

<sup>2</sup> Характеристика высокогорного и среднегорного ландшафтов будет дана ниже.

Таким образом, выдвинутое В. Пенком положение может быть принято лишь в самой общей форме и притом с целым рядом оговорок.

Гребни и вершины гор, как это будет подробнее выяснено ниже, можно рассматривать как места пересечения — линейные или точечные — склонов.

В природе, однако, эти места пересечения почти никогда не имеют вида настоящих линий или точек, а представляются более или менее уплощенными.

Ширина таких уплощенных верхних частей находится в зависимости от крутизны пересекающихся склонов: чем положе пересекающиеся склоны, тем более широки эти верхние уплощенные части возвышенностей, чем круче — тем более они сужены. Собственно характер самых склонов и вогнутый, выпуклый или прямолинейный их профиль прямого отношения к данному явлению в общем не имеют.

Будем называть вместе с В. Пенком *базисом денудации* подошву склона, ограничивающую снизу наклонную поверхность (поверхность склона), с которой процессами денудации сносятся вниз делювиальные продукты. Для всякого долинного склона базисом денудации является, таким образом, граница между склоном и тальвегом долины. Очевидно, что в каждом пункте долины этот базис будет залегать на различной высоте и что, следовательно, каждый отдельный отрезок подошвы склона будет служить денудационным базисом только для части склона, непосредственно над ним поднимающегося. В этом существенное отличие базиса денудации от базиса эрозии, общего для всей данной долины. Кроме того, на самом склоне могут существовать базисы денудации еще более местного значения, именно во всех тех местах, где линия профиля склона испытывает изломы, образуя вогнутые углы: каждая более или менее отлогая площадка на склоне служит базисом денудации для поднимающейся над ней более крутой части склона. Эти последние элементы рельефа площадки представляют образования в высшей степени эфемерные: по мере сноса поверхностных слоев склона они быстро исчезают и заменяются новыми. Что касается базиса денудации для всего данного отрезка склона, то и он с течением времени меняет свое высотное положение, главным образом, в зависимости от темпа, каким совершается углубление долины под влиянием процессов эрозии или, наоборот, загромождение ее аллювиальными или делювиальными продуктами. При этом мы можем представить себе следующие случаи: 1) базис денудации продолжительное время сохраняет более или менее неизменным свое высотное положение (глубинная эрозия не проявляется сколько-нибудь заметно); 2) базис денудации понижается настолько быстро, что денудация не успевает понижать поверхность склона в такой же мере, как понижается базис денудации (темп понижения базиса денудации превышает темп понижения поверхности склона); 3) базис денудации понижается в общем тем же темпом, каким идет снижение (снос) поверхности склона.

Путем детального графического анализа каждого из этих простейших случаев, при допущении полной однородности литологического состава склона, В. Пенк пришел к выводу, что в первом случае в конечном результате получится вогнутый склон, окаймляемый снизу делювиальным шлейфом, поверхность которого, очерченная плавной параболической кривой, совершенно незаметно будет переходить в поверхность долины или равнины. Во втором случае возникает, в конце концов, выпуклый склон. В третьем — более или менее прямолинейный профиль склона. Не вдаваясь в подробности рассуждений В. Пенка, ограничимся замечанием, что все эти выводы сделаны в предположении простейших условий и полной однородности геологического состава, т. е. условий, в природе почти никогда не осуществляющихся в полной мере. Однако, осложнения, вносимые в этот процесс различными частностями, за исключениями, о которых мы уже говорили и будем говорить особо, не отражаются на конечном результате в такой степени, как об этом можно было бы думать.

Если базис денудации не понижается, а, наоборот, повышается, то, в конце концов, получится результат такой же, как в первом случае.

В тесной связи с описанными процессами должны стоять и общие процессы денудационного расчленения страны, а следовательно, и выработки тех или иных относительных высот. Тот ход последовательных изменений рельефа, который характеризуется уменьшением интенсивности эрозии при устойчивом или повышающемся базисе денудации и характерными чертами которого является развитие вогнутых изломов склона, вогнутых профилей склонов и постепенное уменьшение относительных высот, В. Пенк предложил называть *нисходящим развитием рельефа*. Конечным ее результатом теоретически должна явиться *предельная равнина*, или *пенеплен Девиса*.

Наоборот, при возрастающей интенсивности эрозии развиваются выпуклые изломы на этих склонах и вместе с тем возрастают относительные высоты. Такой ход развития В. Пенк предлагает называть *восходящим развитием рельефа*.

Если эти положения оправдывались бы во всех случаях безоговорочно, то анализ особенностей склонов давал бы нам в руки довольно хороший критерий для суждений о характере движений земной коры; в целом ряде случаев им действительно можно воспользоваться для этой цели. Но во многих случаях картина осложняется частностями геологического состава и тектоники, равно как привходящими обстоятельствами, зависящими от климатических и геоботанических факторов: их приходится элиминировать, чтобы полностью восстановить действительную картину хода событий, приведших к формированию рельефа. Трудно согласиться с В. Пенком, когда он говорит, что «интенсивность сноса, зависящая при данных соотношениях горных пород от крутизны ската, характерна для каждой системы форм и определяет скорость ее развития», ибо такая формулировка совершенно упускает из вида влияние на скорость сноса климатических факторов и раститель-

ного покрова. Но в общем все же устанавливаемое им общее правило заслуживает внимания геоморфологов, и потому мы приводим его здесь полностью.

Совокупность располагающихся друг над другом систем форм различно наклоненных (к горизонту) дает нам чувствительное средство судить о развитии в любом месте интенсивности эрозии. Выпуклая форма склонов свидетельствует об усилении, вогнутая форма склонов — об ослаблении интенсивности эрозии. Отступления от нормальной формы склона, обусловленные различиями в составе горных пород, не могут, по В. Пенку, существенным образом влиять на правильность этого диагноза, так как они не могут затушевать на долгое время или на больших пространствах основной тип их — преобладание выпуклых или вогнутых очертаний.

---

## ТЕРРАСЫ РЕЧНЫХ ДОЛИН.

## Общие определения.

*Террасами* вообще в геоморфологии называют имеющие вид уступов или ступеней элементы рельефа с более или менее горизонтальной поверхностью, обычно прислоненные к склонам положительных форм (гор, холмов, склонов речных долин). Термин «терраса», строго говоря, следует применять только к самой горизонтальной (или слабо наклонной) площадке, между тем как ограничивающие ее сверху и снизу наклонные поверхности играют лишь роль элементов, выделяющих в рельефе террасу. Впрочем, как увидим ниже, изучение и характеристика террас бывают обычно неразрывно связаны с изучением и характеристикой и этих ограничивающих ее форм.

Террасы бывают иногда обязаны своим происхождением особенностям геологического строения; но чаще они возникают в результате эрозионной, аккумулятивной или абразионной работы проточных или стоячих вод. Правильнее будет термин «терраса» применять только к образованиям последнего рода, а остальные обозначать как уступы или ступени.

Террасы встречаются по склонам речных долин, по берегам озер и морей. Здесь мы будем пока говорить лишь о долинных (речных) террасах.

## Речные террасы.

Итак, мы будем называть *речными террасами* располагающиеся уступами на известной высоте над тальвегом более или менее горизонтальные площадки, обязанные своим происхождением тем же эрозионным и аккумулятивным силам, которые создали и самую долину. На формирование террас могут, впрочем, оказывать влияние и другие факторы, лишь косвенно связанные с эволюцией самой долины (например, речные озера, долинные ледники и т. п.).

Данное только что определение почти полностью совпадает с тем, которое было сформулировано несколько лет назад Международной комиссией по плиоценовым и плейстоценовым террасам при Международных Географических Конгрессах, которое гласит: «Речными террасами называются более или менее ровные поверх-

ности, обязанные своим происхождением воздействию водного потока на берега и соответствующие то поверхности аллювиального покрова, то эрозионному образованию» (т. е. сложенному коренными породами древнему речному ложу. Я. Э.) (рис. 47).



Рис. 47. Верхняя терраса по левому берегу Волги в 7 км восточнее Ярославля у Мостец (по Шпрейцеру).

Комиссия при этом предостерегала от применения термина «терраса» к самым аллювиальным отложениям, поскольку речь идет не только о поверхности этих отложений; равным образом, следует избегать называть террасами структурные поверхности, получающиеся просто в результате обнажения денудацией верхней поверхности устойчивого пласта горной породы.

### Морфологические элементы речных террас.

При изучении террас приходится иметь дело со следующими морфологическими элементами:

1. Собственно *терраса* — более или менее ровная поверхность, обычно обладающая наклоном с одной стороны к стержневой части долины, с другой — вниз по долине. Часто между наклоном террасы вниз по долине и наклоном самого долинного ложа наблюдается известный параллелизм, но нередко наблюдается и расхождение между тем и другим, т. е. продольный профиль террасы пересекается под тем или иным углом с продольным профилем современной долины; иногда же терраса имеет наклон и вверх по долине, как следствие особых условий движений земной коры.

2. *Уступ* — большей частью имеющий характер круто наклоненной поверхности, даже обрыва, ограничивающего террасу снизу (рис. 48).

3. *Подошва террасы* — линия, по которой террасовый уступ соприкасается с поверхностью нижележащей террасы или с ложем современной долины.

4. *Верхняя закраина* (тыловой шов) — линия, по которой терраса соприкасается с вышележащей частью склона или с обрывом вышележащей террасы. В последнем случае тыловая за-

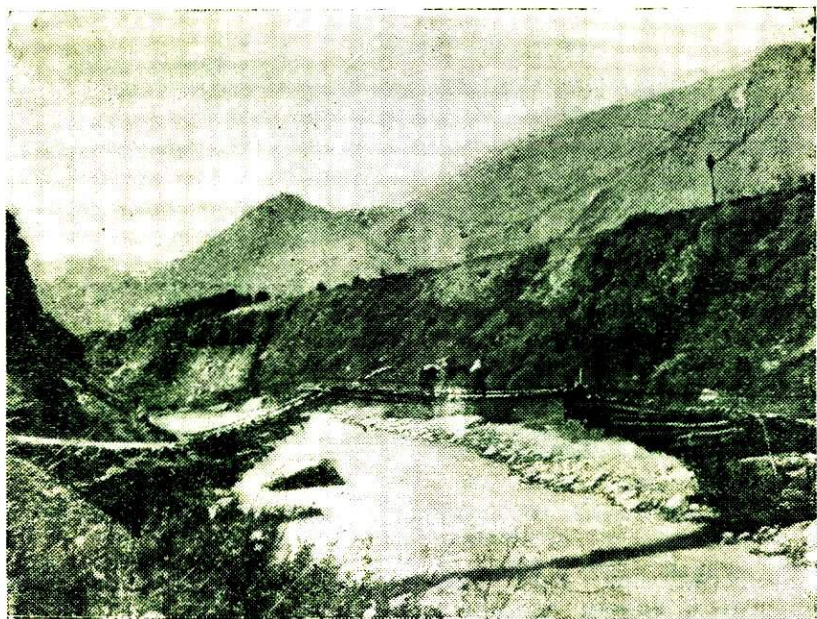


Рис. 48. Аккумулятивная терраса на р. Вавче у с. Рохар  
(фото Г. Л. Юдина).

краина, или тыловой шов, совпадает с подошвой вышележащей террасы.

5. *Бровка террасы* — линия, по которой поверхность террасы пересекается с поверхностью уступа или обрыва.

Высота террасы часто определяется превышением бровки над подошвой, т. е. относительной высотой обрыва террасы. Но надо заметить, что эта величина неустойчива, главным образом, по той причине, что каждая терраса представляет лишь часть древнего аллювиального ложа долины, впоследствии разрушенного в той или иной мере эрозионной деятельностью речного потока в период, последовавший за формированием самой террасы. В зависимости от того, насколько пострадала терраса от размыва, будет находиться высотное положение ее бровки. Более постоянную величину представляет высотное положение тылового шва тер-

расы; но и он нередко оказывается замаскированным осыпями со склонов, поднимающихся над террасой (делювиальными шлейфами) (рис. 49).

6. Упомянем для полноты, что некоторые авторы причисляют к террасе также и поверхность склона, к которому данная терраса прислонена, исходя из того соображения, что этот склон развивается в течение того же эрозионного цикла, что и самая терраса. Далеко не всегда, однако, происхождение этого склона и поверхности террасы находятся между собой в связи; кроме того, для истории самой террасы изучение именно этого склона часто имеет второстепенное значение.

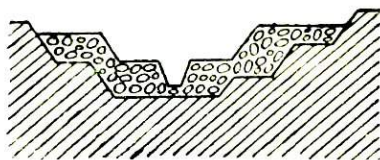


Рис. 49. Эрозионные террасы в аллювии (по Филиппсону).

### Условия проявления террас в долинах.

Террасы в речных долинах весьма часто проявляются несколькими ярусами, располагаясь уступообразно одни над другими.

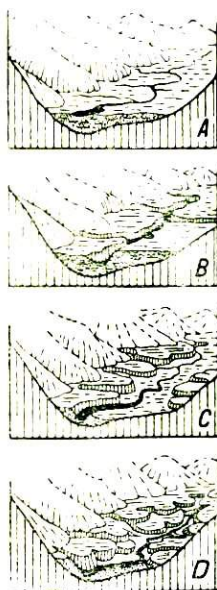


Рис. 50. Схема развития террас (по Мартону).



Рис. 51. Полигенная терраса (по Шаню).

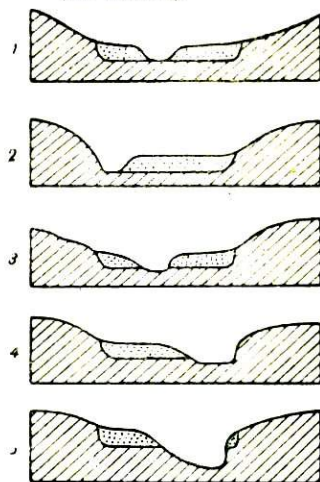


Рис. 52. Поперечные профили одной и той же террасы в разных частях долины (по Дитриху).

Число их большей частью бывает весьма невелико — два, три, редко достигает пяти и еще реже бывает больше пяти (рис. 50).

Иногда более высокие террасы в свою очередь показывают расчленение на более мелкие подчиненные террасы. Французский географ Шапю предложил называть *полигенными* такие террасы, поверхность которых представляет сложное образование, формировавшееся при постепенном снижении того водного потока, которому обязана своим происхождением терраса (рис. 51).

Различают террасы *общие* для всей долины (*durchlaufende*), т. е. повторяющиеся на всем ее протяжении хотя бы с перерывами, и *местные* (*локальные*), развитые только на ограниченном пространстве в тех или иных отрезках долины.

Редко одна и та же серия террас бывает одинаково хорошо развита на обоих склонах долины. Чаще террасы сохраняются более отчетливо то на правом, то на левом склоне (рис. 52). Местами, особенно благоприятными для сохранения террас, часто являются пункты соединения двух долин. При этом нередко можно проследить непосредственный переход террасы из главной в боковую долину.

### Пространственное развитие террас.

Различные серии террас, развитых в известной долине, могут значительно отличаться друг от друга как по своей высоте, так и по своему развитию, в длину и в ширину. Мало того, как об этом уже отчасти говорилось выше, одна и та же терраса при прослеживании вдоль по долине может в этом отношении показывать заметные колебания. Это объясняется тем отмеченным выше обстоятельством, что в разных частях долины террасы подверглись неодинаковому размыву уже после своего формирования: в одних местах они сохранились лучше и представляются наблюдателю в виде широких площадок; в других — от них сохранились неширокие полосы, протягивающиеся вдоль склонов в виде узких карнизов; в третьих — они оказываются уже совершенно смытыми.

Так как поверхность террас, как мы видели, обычно обладает наклоном к стержню долины, то естественно, что в первом случае бровка террасы будет меньше приподнята над современным дном долины, чем во втором. Кроме того, относительная высота одной и той же террасы может оказаться неодинаковой в разных частях долины и потому, что сама поверхность террасы не параллельна поверхности современной долины, что может в свою очередь обуславливаться или первичными причинами (условиями эволюции долины в момент формирования террасы и последующего размыва), или же позднейшими эпейрогеническими подъемами страны, или, наконец, тектоническими деформациями самих террас<sup>1</sup>. Та-

<sup>1</sup> В некоторых научных трудах отмечается, что террасы с удивительным постоянством выдерживают свою относительную высоту в определенных долинах на больших протяжениях; но такие случаи отнюдь нельзя считать правилом, даже если бы они подтвердились позднейшими наблюдениями. Чаще, повидимому, дело объясняется тем, что приводимые высотные отметки являются весьма приблизительными.

все же отсутствие параллелизма может наблюдаться и между поверхностями различных серий террас. При этом в одних случаях террасы различной высоты сближаются между собой по мере движения вниз по долине, в других, наоборот, расходятся книзу и сближаются в направлении вверх по долине. Первое может иметь место в том случае, если во время формирования террас страна испытывала медленный эпейрогенический подъем в области верховьев долинной системы. Второе явление наблюдается гораздо чаще и бывает следствием или опускания базиса эрозии, или же формирования террас по причине изменений климатических и иных факторов, о которых будет сказано ниже.

### Номенклатура террас.

По вопросу о номенклатуре *террас* в литературе не существует твердо установленного взгляда. Часть авторов обозначает террасы по их относительной высоте над уровнем реки и в соответствии

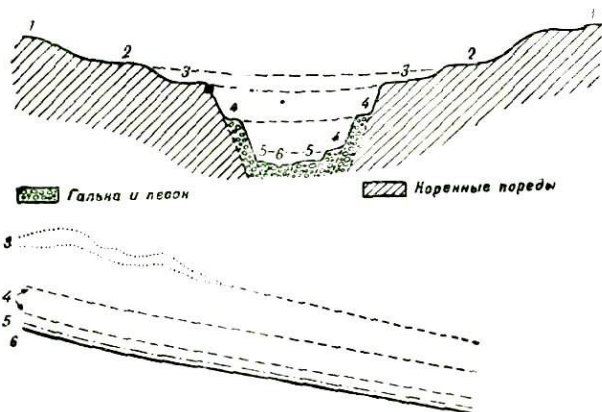


Рис. 53. Схематические поперечный и продольный профили долины Рейна в Сланцевых горах:  
 1 — почти-равнина Рейнских Сланцевых гор; 2 — «дроговая» поверхность\* (по Филиппону); 3 — главная терраса; 4 — средняя терраса; 5 — нижняя терраса; 6 — пойма.

с этим говорит о десятиметровой, пятнадцатиметровой и т. д. террасах. Но из всего сказанного выше ясно, что такого рода обозначения могут повести к недоразумениям. Другие ведут счет порядковый, но считают за первую террасу самую высокую, за вторую — следующую книзу и т. д. Удобнее за исходную поверхность для счета террас принимать ложе современной долины. Часть долинного ложа, заливаемого при полноводьях речными водами, называют *поймой*, или *луговой* частью, долины. В составе поймы можно выделить часть, ежегодно заливаемую водами, от той, которая затопляется полными водами только в периоды особенно высоких половодий или паводков. Последняя часто отделяется от первой ясно выраженным уступом, придающим ей вид

террасы. Так как вообще пойма в межень обрывается к руслу более или менее значительной высоты уступом, зависящим от амплитуды колебаний уровня реки при разливах, то эту часть долинного ложа называют также нередко *пойменной*, или *луговой*, террасой.

Следующая выше терраса, поднимающаяся над первой настолько, что она при периодических разливах уже не заливается полыми водами, называется *надпойменной*, или *надлуговой*, террасой. Если в долине несколько террас, то последнюю называют *первой надпойменной* террасой, следующая кверху терраса будет *второй надпойменной* террасой и т. д. (рис. 53).

Иногда террасы называют и по их геологическому возрасту, особенно когда речь идет о флювиогляциальных террасах; так, говорят о *миндельской*, *рисской*, *вюрмской* и других террасах.

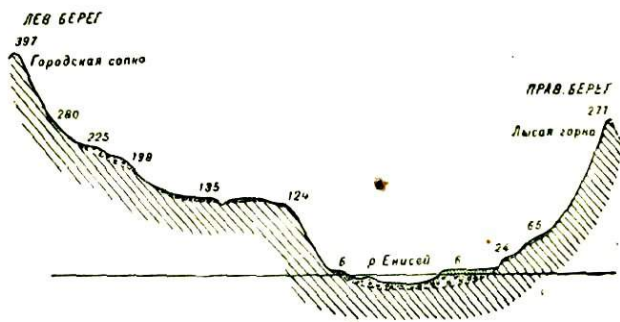


Рис. 54. Профиль долины р. Енисей под Красноярском, близ Ключа Гремячего (по В. А. Дементьеву).

Наконец, некоторые авторы придают террасам географические названия по тем пунктам, где они наиболее типично развиты, или по тем географическим объектам, которые на них расположены (например, *торгашинская* терраса — по названию с Торгашино на р. Енисее, против Красноярска и т. п.) (рис. 54).

### Происхождение и геологический состав террас.

Расположение террас в каждой долине и их размеры не стоят в прямой связи с геологическим составом и строением склонов, а зависят главным образом от условий развития данной долины или данной системы долин. В свою очередь этими условиями по преимуществу определяются и *строение* и *состав* самих террас.

Всякая терраса представляет не что иное, как остаток поверхности бывшего долинного ложа. Она соответствует периоду устойчивого (стабильного) положения базиса эрозии или же, в более общем смысле, господству определенной совокупности физико-географических условий, когда река производила активную боковую эрозию и накопление аллювиального материала на известном уровне. Эта поверхность древнего долинного ложа занимает в настоящее время более высокое гипсометрическое положение по причине понижения базиса эрозии или вообще по причине на-

рушения хода эволюции долины в данных условиях, в результате чего произошло эрозионное углубление долины до уровня более низкого, чем тот, на котором совершалась ее работа в предыдущий период. Следовательно всякая пара террас соответствует долине, как бы вставленной в другую более древнюю, ложе которой представлено первой парой вышележащих террас. Изучение состава и строения наносов, слагающих террасу, а также и ха-



Рис. 55. Флювиогляциальные террасы в долине р. Тара-Аузу-Ся. Северный Кавказ (фото А. П. Герасимова).

рактиер налегания их на коренные породы могут дать материал для заключений о физико-географических условиях эпохи, когда развивалась долина, остатками которой данные террасы являются.

Обрыв террасы соответствует периоду глубинной эрозии, пропиливания реки вглубь, последовавшего за наступлением условий, прервавших нормальный ход эрозионного цикла. По относительной высоте обрыва террасы можно поэтому с известной степенью достоверности судить о длительности и интенсивности процессов углубления реки.

Если, как это видно из предыдущего, всякая пара более низко лежащих террас принадлежит ложу долины, врезанной в ту, которая представлена вышележащими террасами, то отсюда можно вывести следующее правило: *по возрасту более высокие террасы старше тех, которые располагаются на более низком уровне* (рис. 56).

Об исключениях из этого правила мы скажем ниже.

Так как каждая терраса<sup>1</sup> соответствует определенной фазе или циклу в развитии долины, то изучение террас является наиболее существенным моментом при восстановлении истории развития долин, а вместе с тем и всего рельефа в целом.

Вот почему изучение террас представляет в настоящее время одну из кардинальнейших проблем в геоморфологии и вот почему этой проблеме уделяется так много внимания. Учреждение особой Международной комиссии по плиоценовым и постплиоценовым террасам достаточно ярко свидетельствует об этом.

### Происхождение террас.

Нам необходимо теперь несколько подробнее остановиться на причинах, вызывающих образование террас. Это тем более



Рис. 56. Древнеречные террасы на р. Хингоу в восточной Бухаре, (Таджикистан) (фото Я. С. Эдельштейна).

уместно сделать, что по данному вопросу в литературе существует много неясностей и даже недоразумений. Вот что уже давно по этому поводу писал Девис<sup>2</sup>: «Эти соображения (о происхождении террас Я. Э.) важны потому, что весьма часто в литературе можно встретить утверждения, будто врезание речных террас непременно обуславливается изменением высотного положения данной области. Что это вполне возможно, мы уже видели в предыдущем изложении; но здесь, тем не менее необходимо определенно заявить, что *террасы могут возникнуть и без всякого движения литосферы*» (подчеркнуто мною. Я. Э.). Точно так же и американские геологи Чемберлен и Сольсбери в известном своем руководстве по геологии отмечают ряд случаев, когда террасы, в частности пойменные, могут развиваться даже в процессе нормального эрозионного цикла. Классический случай

<sup>1</sup> Мы имеем здесь в виду террасы, прослеживаемые по всей долине, а не местные.

<sup>2</sup> W. M. Davis. Die erklärende Beschreibung der Landformen.

возникновения серии высоких террас независимо от вертикальных смещений базиса эрозии уже давно был разобран А. Пенком и Брюкнером в их известной работе о ледниковом периоде в Альпах<sup>1</sup>.

Предпосылкой для образования террас является предварительная выработка достаточно широкого аллювиального ложа (пойма). В процессе эрозионного цикла достаточно широкая пойма может начать отлагаться в долине тогда, когда она приближается к состоянию так называемого равновесия, а это в свою очередь возможно лишь по достижении продольным профилем реки выровненного склона, называемого *профилем равновесия*. Кроме того, как указывают Чемберлен и Сольсбери, в долинах, имеющих крутой уклон в верховьях и более пологий в средней части, пойма может образовываться только там, где происходит эта смена крутого профиля более отлогим, т. е. где переносная сила речного потока ослабевает, и поэтому он не может уже перене-

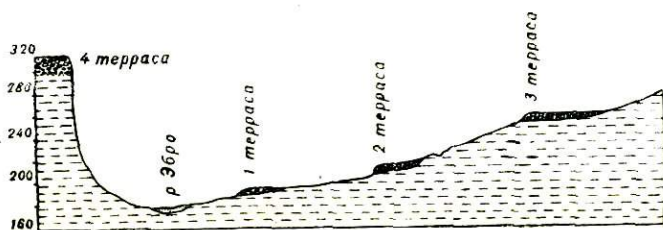


Рис. 57. Поперечный схематический разрез долины р. Эбро в районе Сарагоссы (по Пачеко).

сить столько материала, как в верховье. Вот почему в долинах верхний конец аллювиальной поймы всегда лежит по течению несколько ниже настоящего верховья долины. По мере развития долины в результате регрессивной эрозии и сползания при этом рельефа верховой части долины и аллювиальная пойма постепенно передвигается своим верхним концом вверх по течению, выигрывая, как и самая долина, в длину. Образование широкой аллювиальной поймы идет бок-о-бок со значительной боковой эрозией при отсутствии сколько-нибудь существенного вертикального врезания речного русла. Подробности процесса боковой эрозии — образования сначала изгибов русла, превращающихся затем постепенно в излучины (меандры), мало-помалу подрезывающие склоны долины и, таким образом, расширяющие ее, причем параллельно с этим идет и занос расширяющейся долины аллювиальным материалом — мы предполагаем достаточно хорошо известным, и потому на них здесь останавливаться не будем. Необходимо только напомнить, что развитие широкой поймы характеризует ту стадию в развитии долины, которая в геоморфологии обычно обозначается как *стадия зрелости* и для которой харак-

<sup>1</sup> А. Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter.

терно известное соотношение, называемое *состоянием равновесия*, между эрозионной, переносной и аккумулятивной работой речного потока. Это состояние равновесия, как и вообще весь ход эрозионного процесса, обуславливается не только геологическим составом и строением страны и наклоном ложа, но и всей совокупностью физико-географических условий, господствующих в период формирования поймы, в частности особенно климатическими факторами, влияющими, с одной стороны, на количество воды в речном русле, с другой — на количество материала, поступающего со склонов и с верховья в речную долину и подлежащего переносу речными водами, на так называемый *твердый сток*. Таким образом, это состояние есть результат сложной совокупности целого ряда факторов, и очевидно, что достаточно изменения одного или нескольких из них для того, чтобы установившееся равновесие было нарушено и чтобы река, расширявшая свою длину и формировавшая пойму, вновь начала врезываться вглубь и формировать террасы.



Рис. 58. Схематическая карта террас нижней части долины р. Темзы:

1 — древние террасы с галечниками, принесенными с севера; 2 — часть долины, где 2-я терраса уходит под новейшие наносы эстуария; 3 — высокий берег; 4 — более молодые террасы (цифры обозначают последовательность террас).

Оживление и усиление глубинной эрозии может быть обусловлено прежде всего вертикальными движениями литосферы. Если этого рода движениями смещается в вертикальном направлении базис речной эрозии вниз, процесс углубления долины путем врезания русла вглубь идет снизу вверх по течению, и в таком же порядке постепенно развиваются и террасы. Если поднимается часть суши в области верховьев речной системы, врезание русла и формирование террас начнутся сверху и постепенно будут распространяться вниз по течению. В первом случае террасы будут снижаться (терять в своей относительной высоте) при прослеживании снизу вверх по течению, во втором — наоборот: в обоих случаях долина вступит в новый эрозионный цикл. Такой же новый эрозионный цикл может начаться и в результате вертикального смещения базиса эрозии вследствие эвстатических колебаний уровня моря (рис. 58, 59).

Но, как уже сказано выше, террасы могут образовываться и по другим причинам. В особенности важную роль здесь могут сыграть изменения климата, выражающиеся в появлении и после-

дующем исчезновении ледников, так как при этом меняется и количество воды в реках и количество поступающего в них в результате процессов выветривания рыхлого материала, что зависит от изменений в распределении растительного покрова и условий физического и химического распада горных пород.

«Колебания климата, — говорит Де в и с<sup>1</sup>, — имеющие своим следствием появление ледников и последующее их исчезновение, вполне достаточны для того, чтобы вызвать занос долины аллювиальным материалом и затем врезание речного русла, т. е. образование террас. Весьма вероятно, что таким путем могут образовываться террасы не только в нижней части долины, верховье которой занято ледником, но и в соседних долинах, которые вообще оледенению не подвергались».

Точно так же и Зёргель<sup>2</sup> придает основное значение в заносе долин аллювиальным материалом климатическим условиям. «Ни континентальные (эпейрогенические), ни орогенические дви-

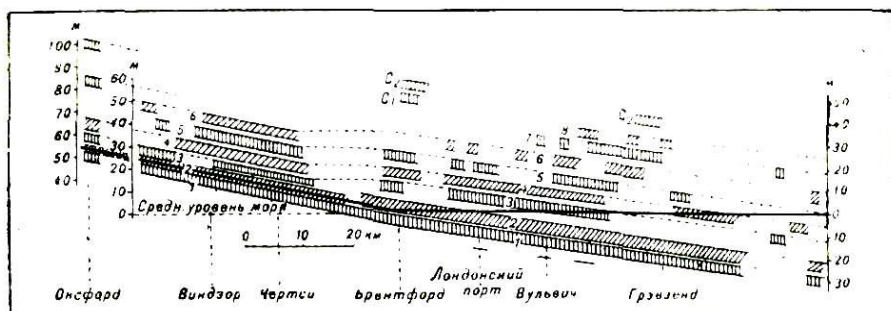


Рис. 59. Схематический профиль террас нижней части долины р. Темзы.

жения, — говорит он, — не могут быть признаны за причину накопления галечно-щебневых масс в четвертичное время в долинах. Мало того: даже любая комбинация таких движений не в состоянии была когда бы то ни было привести к такому накоплению галечниковых толщ, какое могло бы сравниться с четвертичным (имевшим место в постплиocene) по региональному распространению, по мощности и по петрографическому составу отдельных полос галечников. Причина накопления галечников в четвертичное время в Тюрингии, мы позволяем себе сказать во всей Средне-Германской, не подвергавшейся оледенению области, *чисто климатическая*. Она заключается в наступлении холодного сухого климата, какой у нас (т. е. в Германии. Я. Э.) мог господствовать только в ледниковое время. Даже там, где постплиоценовые движения земной коры играли более значительную роль, эта причина являлась главной и имевшей основное значение в процессе накопления (заноса долин) галечников».

<sup>1</sup> W. M. Davis. Die erklärende Beschreibung der Landformen. 2. Aufl. Leipzig. 1924. S. 429—430.

<sup>2</sup> W. Soergel. Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion Berlin. 1926.

Такого же рода условия создаются и в сухих странах, где колебания температур могут иметь своим следствием изменение условий выветривания горных пород, а следовательно, и количества рыхлого материала, переносимого реками.

Изменения в относительных количествах переносимого рекой рыхлого материала и количества воды в ее русле могут явиться также результатом перехвата, происшедшего где-нибудь в области верхнего течения реки в процессе ее постепенного роста, или же вообще каких-либо других причин, вызывающих сначала увеличение попадающего в долину сверху по течению рыхлого материала, а затем размыв образовавшейся таким путем поймы.

Во всех этих случаях занос долины рыхлым материалом и последующее преобразование долинного ложа в террасы совершаются без участия вертикальных движений литосферы.

Протяженность в длину (по долине) возникших таким путем террас не всегда будет одинакова. Террасы, образовавшиеся вследствие перехватов, будут проследиваться вниз по долине от устья того притока, который обусловил перехват. Террасы флювиогляциальные прослеживаются по всей долине вверх вплоть до того места, которое было занято ледником. На склонах горных хребтов, подвергавшихся в четвертичное время обширному оледенению (Альпы, Кавказ, Центрально-Азиатские горы, Скандинавия, Кордильеры и пр.), происхождение террас указанным выше способом играло особенно важную роль, и совершенно нет надобности, как это делают некоторые исследователи, каждую пару террас связывать непременно с орогеническими процессами.

Чемберлен и Сольсбери (Chamberlin and Salisbury, Geology) указали, что террасы, хотя обычно невысокие, могут возникать на каждой реке в процессе нормального эрозийного цикла. Главная причина этого кроется в изменении соотношения размывающей и аккумуляционной работы речного потока по мере роста долины в длину и в ширину. Прежде всего заметим, что названные авторы необходимой морфологической принадлежностью террасы считают наличие нижнего обрыва. Они говорят: «Когда речное русло настолько углубилось, что остатки прежней поймы более не затопляются, их можно называть террасами, в особенности если и на более низком уровне образовалась пойма».

Самый ход возникновения террас в процессе нормального цикла эрозии рисуется ими в таком виде.

Аллювиальная пойма в речных долинах начинает отлагаться в том месте, где более крутое падение верховья реки сменяется более отлогим, как мы об этом уже говорили выше: здесь переносная сила потока ослабевает, в силу чего он начинает отлагать переносимый им аллювиальный материал и в то же время меандрировать. По мере роста долины в длину вместе с ее истоками отодвигается вверх и начало аллювиальной поймы. После того как таким образом аллювиальная пойма отступит значительно назад, река, достигая на своем пути начала этой поймы, будет так много терять увлекаемого ею материала, особенно грубозернистого, что

размывающая энергия ее по этой причине усилится и она начнет углубляться в аллювиальную пойму, занимающую нижнюю часть долины. Авторы различают здесь следующие возможные случаи:

1. Только что отмеченный случай, когда поток, достигая начального пункта поймы, теряет так много своего материала, что приобретает способность углублять свое русло в лежащую ниже по течению пойму.

2. Обычно река теряет у начала поймы не весь несомый ею материал, а только избыток последнего; но она всегда теряет грубые осадки и взамен забирает мелкие, если таковые имеются налицо. Взамен относительно небольшого количества потерянного (осевшего) грубого материала река может захватить сравнительно большое количество тонкого. При прочих равных условиях, если поток осаждаст грубый материал и взамен берет мелкий, размывающая, углубляющая сила его струи возрастает, если только не происходит значительного ослабления энергии потока. Такое ослабление возможно в результате уменьшения наклона вниз по течению; но оно отчасти, а иногда и полностью уравнивается возращением количества воды в русле. Поэтому после смены характера нагрузки поток все же может углубить свое русло ниже поймы, которую создал прежний, быть может, меньший поток.

3. Затем, пока поток активно эродировывает в своем верховье, весьма правдоподобно, что происходит занос аллювием долины ниже по течению. В более поздней стадии в истории реки, когда активная эрозия в истоке реки ослабела вследствие снашивания рельефа, из верхней части долины будет поступать меньше материала, и теперь ниже по течению на пойме поток, бывший ранее нагруженным наносами, свободен от них и потому может брать и уносить дальше материал, временно отложившийся на пойме. В результате получается углубление (врезание) русла.

4. Всякая река, достигшая стадии образования поймы, начинает меандрировать. Когда пойма становится обширной, ширина пояса, в пределах которого поток меандрирует, будет меньше, чем ширина самой поймы. Так, в низовье Миссисипи ширина зоны меандрирования составляет от одной трети до одной десятой ширины всей поймы. Уже указывалось, что меандры смещаются вниз по долине. При этом они понижают уровень пояса меандр, стремясь снизить его до уровня русла и, следовательно, ниже уровня поймы. По мере расширения пояса меандр создаваемая ими депрессия становится все более и более объемистой. Наконец, она может достигнуть таких размеров, что будет вмещать в себе всю воду при обыкновенных половодьях. В этой стадии или даже раньше те части прежней поймы, которые уцелеют, становятся террасами.

Все указанные процессы ведут к частичному разрушению речной поймы и к превращению остающихся частей ее в террасы в течение *нормального хода речной истории*. Террасы появляются сначала в нижней части долины и мигрируют вверх, следуя за ходом почти всех других фаз деятельности в истории реки. Головные части террас следуют на известном расстоянии за головными участками поймы, равно как головные участки поймы сте-

дуют на расстоянии за верховьем долины. Вторая и последующие поймы и террасы, которым они дают происхождение, формируются таким же образом.

Террасы, развивающиеся при нормальной деятельности реки, всегда невысоки, и мало вероятно, чтобы они достигли в обычных условиях значительных размеров в высоту. Вертикальное расстояние между первой (верхней) и второй больше, чем между второй и третьей.

Из сказанного ясно, что одна и та же поверхность в верхней части долины может представлять еще пойму, между тем как внизу она перешла уже в стадию террасы. Ясно также, что описанного характера террасы при прослеживании вверх по долине непременно снижаются. Это обстоятельство не мешает подчеркнуть, так как есть исследователи, считающие его доказательством опускания базиса эрозии.

### **Нарушение нормальной последовательности в развитии террас. Локальные террасы.**

Во всех разобранных нами до сих пор случаях образовавшиеся террасы прослеживаются или по всей длине долины, или, по крайней мере, на значительной, если не большей части ее протяжения. Но, кроме таких *основных* террас, во многих долинах нередко развиваются еще террасы, обязанные своим происхождением каким-нибудь местным причинам, например: наличию в долине озер, существующих известное время, перемычкам из коренных пород, перегораживающим долину и создающим местный базис, перегораживанию долин обвалами, силевыми выносами, конусами выносов боковых притоков, лавовыми потоками, моренными грядами, наконец, уступами водопадов и т. п. Озера или перемычки обуславливают занос аллювиальным материалом лежащей выше них по течению части речной долины до уровня воды в озере или верхней закраины перемычки. Впоследствии, когда река в процессе своего углубления спустит озеро или пропилит поперечную перемычку в долине, она врежется в накопленные аллювиальные наносы, поверхность которых и остается тогда по берегам русла в виде террас: однако, такие террасы будут приурочены только к тому участку, который лежит выше существовавшего известного время местного базиса эрозии, да и то не на всем его протяжении, а лишь до того места, до которого ощущалось влияние этого базиса. Такие террасы называются поэтому *локальными (местными)*. Случай возможного образования подобных местных террас в устьях боковых притоков главной долины вследствие подмыва меандрирующим руслом главной реки устьевых конусов выноса уже давно описал Девис.

### **Погребенные террасы.**

Если долина, в которой уже имеются террасы, испытает достаточно длительное и значительное повышение базиса эрозии, или вообще если долина или часть ее испытает опускание вследствие

общего опускания страны или эвстатического повышения уровня бассейна, куда данная река впадает, то в таком случае образуется новое аккумулятивное ложе долины, которое, возможно, перекроет и погребет под собой не только прежнюю пойму, но и существовавшие раньше террасы. Очевидно, что поверхность нового аллювиального ложа моложе перекрытых им террас. Если затем по тем или иным причинам река вновь начнет врезываться в свое наносное ложе, она может частично вскрыть и обнажить *погребенные террасы*. При таких условиях остатки аккумулятивных террас, лежащих выше на склонах долины, будут моложе тех, которые лежат ниже. В этом случае, очевидно, нарушается то правило, которое было сформулировано выше и которое гласит, что вышележащие террасы старше нижних. Случаи перекрытия террас более молодыми аллювиальными наносами вследствие повышения базиса эрозии неоднократно имели место в низовьях рек, впадающих в Каспийское море, в частности в низовой части Волги, по той причине, что в четвертичное время происходили неоднократные подъемы и опускания уровня Каспия. В таких случаях задача определения возраста террас становится иногда довольно сложной и требует для своего решения детальных и тщательных исследований.

Погребение террас может также произойти и в том случае, если в долине по какой-либо причине (обвала, подпруды моренами или лавовым потоком и т. п.) образуется озеро, которое затем будет выполняться наносами реки, так что последние перекроют террасы, а затем река, спустив озеро, врежется в толщу, заполнившие озерную впадину. И в этом случае наверху могут оказаться более молодые террасы, чем внизу.

Погребенные террасы, как ясно из только что сказанного, относятся большей частью к категориям локальных террас.

### Геологический состав террас.

Геологический состав террас определяется историей их происхождения, в частности особенностями той долины, в которой они формируются. Различают:

1. *Аккумулятивные* террасы, сложенные нацело рыхлыми аллювиальными, флювиогляциальными и прочими образованиями (рис. 60). Эти рыхлые толщи несут на себе все характерные черты состава речных и озерных отложений, т. е. состоят, главным образом, из галечников, песков, супесей, суглинков, глин, прослоев и линз торфяников и т. д. Все эти осадки отличаются, как и в поймах, более или менее выраженной слоистостью, нередко неправильной, быстро выклинивающейся. Нередко наблюдаются в основании террасы более грубые, даже крупновалунные отложения, сменяющиеся кверху более мелкозернистыми. Верхние горизонты террасовых отложений, в особенности на юге Европейской части СССР и в Западной Сибири, часто бывают выражены лёссовидными суглинками или настоящими лёссами. В этих случаях при изучении террас надо решить, являются ли эти лёссовидные

суглинки продуктом отложения, возникшим в процессе формирования самой террасы, или позднейшим образованием. Самые верхи террасовых отложений, особенно верхних террас, в той или иной степени оказываются задетыми почвообразовательными процессами или перекрыты делювием с вышележащих склонов, или, наконец, прикрываются отложениями, чуждыми собственно самой террасе и появившимися уже после ее сформирования (моренами, лавовыми потоками, силевыми выносами, дюнами и пр.).

2. *Скульптурные, иначе вырезанные, террасы (эрозионные)* представляют площадки, выработанные работой проточной воды в твердых или мягких коренных породах, более древних, чем те, которые синхроничны образованию самой террасы. Такие площадки иногда возникают просто вследствие удаления денудацией аллювиальных толщ террасы, покоящихся на коренном цоколе. В горных странах (Альпах) такие скалистые террасы часто наблюдаются на большой высоте, достигают значительной ширины, и вопрос их генезиса вызывает разногласия. Некоторые исследователи считают их днищами древних трогов (ледниковых долин), другие приписывают им смешанное водно-ледниковое происхождение.

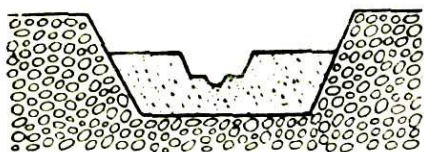


Рис. 60. Аккумулятивные террасы, вложенные в аллювиальное дно древней долины (по Филиппсону).

3. *Смешанные*, в которых толщ аллювиального материала лежат непосредственно на фундаменте из коренных пород. Американские геоморфологи называют такие террасы *защищенными* по той причине, что если

уровень более низкой террасы по сравнению с данной лежит ниже выходов цоколя коренных пород, то река при боковой эрозии уже не может смыть вышележащую террасу: ее как бы «защищает» цоколь из коренных пород.

Если аккумулятивные террасы прислонены к склонам из коренных или более древних аллювиальных пород, их часто называют *прислоненными*.

Скульптурные и смешанные террасы присущи, главным образом, горным долинам, хотя и чисто аккумулятивные не составляют в них редкости. В долинах равнинных стран, слагаемых мягкими и рыхлыми породами, преобладают аккумулятивные террасы.

### Дополнительные замечания о террасах.

Мы уже видели, что каждая пара террас представляет остаток древнего долинного ложа реки, расположенного на более высоком уровне, чем более молодые долинные ложа (за указанными выше исключениями). Очевидно, остатки более древнего ложа могли сохраниться в виде террас лишь в том случае, если река при выработке более низко расположенного уровня долинного ложа путем боковой эрозии не смыла нацело верхних террас, другими словами, если нижняя долина уже верхней, более древней. Вот

почему мы и наблюдаем картину ступенчатого расположения террас во всех тех случаях, когда в долине имеется несколько серий террас. Таким образом, и создается картина вложенных одна в другую долин. Причину расположения на более низком уровне долин, более узких, чем верхние, объясняют различно. Она может зависеть от того, что с течением времени количество проносимого рекой рыхлого материала и количество воды в реке меняются, а следовательно, меняется в связи с этим и размах ее боковой эрозии; или же от того, что на более низких уровнях река при боковой эрозии чаще натывается на выступы коренных пород, препятствующие ее отклонению в стороны и вынуждающие ее меандрировать в пределах более узкой зоны; или же, наконец, от меньшей продолжительности эрозионного цикла, в течение которого вырабатывался нижний тальвег. Наконец, не мешает иметь в виду, что ступенчатые серии террас мы можем наблюдать в природе только при условии, если нижние долины уже верхних, так как в противном случае, очевидно, террасы были бы просто уничтожены при боковой эрозии более широкой нижней долины. Как бы то ни было, в каждом отдельном случае данный вопрос подлежит специальному разбору и выяснению. Особенно существенное влияние на сохранение и размеры террас оказывают выступы коренных пород в ложе реки, вскрываемые ею при меандрировании. Мы уже видели, что в том случае, когда такие выступы перегораживают речное русло и создают временный местный базис эрозии, они могут обусловить возникновение локальных террас, что часто сильно осложняет общую картину группировки террас в отдельных отрезках долины.

При рассмотривании сверху (в плане) речные террасы обычно имеют вогнутый край, обращенный в сторону речного современного русла; это и понятно, если припомнить, что они в своем основании подмываются боковой эрозией реки на выпуклой стороне меандра.

### Задачи и приемы изучения террас.

При исследовании террас необходимо собрать полные материалы, дающие возможность восстановить не только историю происхождения и развития самих террас, но и историю развития всего рельефа в целом в связи с колебаниями земной коры и изменениями климата в прошлом. Ввиду важности вопросов, связанных с изучением террас, не следует поэтому упускать никаких подробностей, которые могли бы способствовать освещению этих вопросов. Для этой цели необходимо:

1. Собрать возможно большее число данных, характеризующих гипсометрию террасы, в особенности ее существенных элементов, (тылового шва, бровки) и тех точек на ее поверхности, которые дадут возможность выяснить наклон террасы в сторону современного тальвега и вдоль по долине. При этом, если определяются относительные высоты на террасе, надо точно оговорить, к какому уровню они относятся — к среднему межленному уровню или к

уровню воды в русле в момент наблюдения, или же к максимальному высшему уровню воды при разливах и т. д.

2. В пределах самой террасы надлежит выделить те части ее, которые соответствуют (если они сохранились) древнему руслу, пойме, обычно заливавшейся полыми водами, части ложа, затоплявшиеся только при высоких половодьях, и пр., так как очевидно, что история развития каждой из таких частей террасы была несколько отлична от других частей, и при суждениях об изменении уровней эрозии следует сопоставлять между собой более или менее однородные части древнего и современного ложа долины.

3. Составить по возможности большее число точных поперечных профилей тех частей долины, где террасы сохранились. Сопоставление этих профилей даст возможность связать между собой террасы одного и того же возраста, уточнить гипсометрические соотношения различных серий террас и выделить из числа их те, которые имеют только локальное (местное) значение.

4. Проследить отдельные террасы вдоль по долине с целью выяснить, не сближаются ли они с современным тальвегом и между собой, не уходят ли одни террасы под другие или под уровень горизонта современного речного ложа (см. рис. 58 и 59).

5. В связи с только что сказанным выяснить, не претерпела ли терраса тектонических деформаций после своего образования (изгибов, сбросов, косых наклонов и пр.).

6. Произвести сопоставление террас главной долины с боковыми для установления соотношений между теми и другими.

7. Тщательно изучить геологическое строение и состав террас: охарактеризовать литологические особенности, мощность, равно как палеонтологическое содержимое открывающихся в обрывах террасы аллювиальных отложений; дать стратиграфическую, тектоническую и петрографическую характеристики коренных пород, на которых покоятся аллювиальные террасовые наносы, и выяснить формы древнего размыва этих пород.

8. Изучить геологический состав и профиль склонов долины, поднимающихся над террасой и выяснить степень изменения этих склонов позднейшими (после образования террасы) денудационными процессами; в частности, выяснить степень маскировки поверхности террасы делювиальными шлейфами, дюнами, моренами и пр.

9. Зафиксировать те места, где террасы выклиниваются или примыкают к древним моренам или к уступам из коренных пород, перегораживающим долины.

10. Изучить мезорельеф и микрорельеф террас, их почвенный и растительный покровы в связи с условиями увлажнения и циркуляцией подземных вод. При этом особенное внимание обратить на выделение тех элементов рельефа террасы, которые сохранились в неприкосновенности со времени ее образования и которые возникли впоследствии, в результате эрозионных и суффозионных процессов, эоловой дефляции и аккумуляции, ледниковых нагро-

мождений, делювиального или пролювиального заноса, культурных наложений или сооружений и пр.

11. Установить, не встречаются ли на поверхности террасы или в слоях под ее поверхностью следы культуры и стоянок доисторического человека.

12. Изобразить на карте распространение террас различного возраста и различного происхождения, выделив местные (локальные) от общих.

13. Сопоставить и связать картины развития и строения террас во всех долинах изучаемого района и выделить те серии их, которые имеют наиболее важное и общее значение для восстановления истории развития рельефа страны.

14. Сопоставить и связать террасы речных долин с береговыми террасами тех водных бассейнов, куда данные долины открываются<sup>1</sup>.

15. На основании всей суммы собранных материалов попытаться восстановить эволюцию морфологии исследуемой страны в связи с движениями земной коры, колебаниями уровней морей и озер и изменениями климата в прошлом.

16. Наконец, необходимо постараться выяснить пригодность террас и тех частей долины, где они развиты, для поселений, постройки фабрик, заводов, элеваторов, для сельскохозяйственных культур, для прокладки транспортных линий (железнодорожных, шоссейных, грунтовых), для мелиорационных сооружений, для устройства гидроэлектростанций, для поисков полезных ископаемых и т. п. Не следует забывать, что террасы речных долин играли и играют огромную роль в хозяйственной жизни человека.

### Географическое распространение речных террас в СССР.

Террасы встречаются почти во всех речных долинах как Европейской, так и Азиатской части СССР в большем или меньшем числе. Некоторые из них изучались довольно подробно, как, например, террасы Днепра, Волги, Кубани, Дона, некоторых второстепенных долин центральных и северо-западных районов Европейской части СССР (рис. 61). Но о многих долинах в научной литературе или вовсе не имеется никаких сведений, или же имеются сведения лишь самого общего характера. Между тем по условиям своего развития и происхождения наши террасы чрезвычайно разнообразны и с изучением их связан ряд интереснейших морфологических проблем. Так, террасы долин северного склона Кавказского хребта возникли в связи с повторными оледенениями, а по мнению некоторых исследователей, и с вертикальными движениями земной коры в четвертичное время. Развитие террас в бассейне Волги, особенно в низовом Поволжье, тесно связано с теми своеобразными многократными колебаниями уровня Каспийского моря, какие имели место в конце третичного и в начале четвертичного времени. Многочисленные террасы долин Кольского полуострова.

<sup>1</sup> О береговых террасах морей и озер будет подробнее сказано дальше.

так или иначе отразили на себе колебания уровня океана в послеледниковое время и изостатические движения Фенно-Скандии в это же время. Террасы Днепра и других крупных рек юга Европейской части СССР в своем возникновении и развитии были тесно связаны с наступлениями и отступлениями великого материкового ледника на севере Русской равнины и с колебаниями уровня Черного моря.

В классическом развитии наблюдаются террасы во многих долинах Таджикистана (см. рис. 56) и Узбекистана, где их происхождение точно так же приходится объяснять частью повторными оледенениями, частью молодыми движениями земной коры. Превосходно развиты древнеречные террасы по долине Енисея, в особенности в районе Красноярска, где они образуют серию поднимающихся друг над другом ярусов различной высоты (см. рис. 54). Но в смысле развития и числа террас различные отрезки долины Енисея довольно заметно отличаются друг от друга. Есть основа-



Рис. 61. Долина р. Клязьмы у Новоселок. Видны поймы, нижняя (а) и верхняя (б) террасы (по Шпрейцеру).

ние думать, что эти террасы возникли частью в результате оледенения Саянских гор и севера Западно-Сибирской равнины в четвертичное время, частью вследствие эпейрогенических колебаний земной коры различной амплитуды в разных частях Сибири. В долинах других крупных рек Западной Сибири число террас невелико (две-три), и они выдерживают свой состав и высоту на значительных расстояниях (Обь, Иртыш). Здесь их происхождение точно также приходится ставить в причинную связь с оледенением севера Сибири в четвертичное время.

Большие трудности представляет корреляция наших террас с западноевропейскими по той причине, что колебания уровней наших морей и колебания земной коры в пределах СССР во многом отличались от таких же геологических событий в Западной Европе в четвертичное время.

Из сказанного видно, что перед советскими геоморфологами открывается обширное и едва затронутое поле научной деятельности по вопросу изучения наших речных террас.

Здесь следует упомянуть о другого рода долинах, приуроченных не к суше, а к ложу морей и океанов и привлекающих к себе в последнее время усиленное внимание геологов и геоморфологов. Мы имеем в виду так называемые «подводные долины», генезис которых до сих пор остается еще во многих отношениях загадочным и вызывает среди ученых существенные разногласия.

Промерами глубин в краевых зонах морей и океанов установлено существование весьма замечательных, сходных с речными субаэральными долинами образований, известное число которых заметно возрастает по мере того, как совершенствуются методы промеров глубин (в частности после изобретения эхолота). Среди них можно выделить двоякого рода образования. Одни тянутся по дну океанов на более или менее далекие расстояния от берегов континентов в виде борозд, представляющих прямое продолжение долинных врезов крупных рек. Таковы известные уже давно подводные продолжения таких долин, как Конго, Хадсон и др. Повидимому, их генезис приходится так или иначе поставить в связь с происхождением соответственных долин суши, непосредственным продолжением которых они являются.

Другие гораздо более многочисленные долины рассекают преимущественно континентальный склон материков и не имеют никакого продолжения на суше. Будучи глубоко врезаны в континентальный склон, они спускаются своими устьями до 2—3 т/м глубины и сравнительно редко заходят своими верховьями в пределы шельфа. На подробной карте Атлантического побережья северо-восточных штатов США, составленной Veatch and Smith и опубликованной Американским Геологическим Обществом в 1939 г., видно, например, что континентальный склон здесь рассечен густой сетью подводных долин, не имеющих никакой связи с рельефом суши, причем верховья их прослеживаются в пределы шельфа сравнительно недалеко или же и вовсе не продолжают сюда. Долины эти нередко имеют вид крутостенных или даже с отвесными стенами каньонов, принимающих с боков множество притоков. В общем они дают в плане картину хорошо развитой и разветвленной дренажной артерии. Подобные образования известны ныне в краевых зонах и других океанов, в частности в прибрежной восточной (Калифорнийской) и северной зонах Тихого океана. Интересно между прочим отметить их наличие и в районе Алеутских островов.

На дне долин первого рода, являющихся продолжением наземных долин, находимы были при драгировках кое-где гальки, грубозернистые пески и даже раковины пресноводных моллюсков — словом, остатки несомненных речных аллювиальных отложений. Что касается каньонов, рассекающих только континентальный склон, то заполняющие их отложения мало изучены, и пока нет твердых данных для утверждения, что они точно так же заполнены речным аллювием, равно как нет доказательств того, чтобы на дне их залегали мощные толщи донных морских осадков.

Возникает вопрос, каково же происхождение этой второй категории долин? В том, что они обязаны своим происхождением эрозионным процессам, едва ли может возникнуть какое-либо сомнение. Но мы привыкли думать, что на дне морей и океанов процессы линейной водной эрозии не могут иметь места. Вот почему многие авторы склонны видеть в этих долинах образования, первоначально развившиеся на суше при ином высотном положении уровня мирового океана, а затем оказавшиеся под водой в результате опускания краев континентов или вследствие повышения уровня водной оболочки океана. Но при такой гипотезе пришлось бы допустить эпейрогенические вертикальные колебания краев всех континентов или же эвстатические движения мирового океана такого размаха, какой представляется совершенно неправдоподобным (2—3 т/м). Поэтому вполне законно будет, как это делает проф. Букер<sup>1</sup>, задаться вопросом, действительно ли на дне океана не могут происходить явления линейной эрозии? По мнению проф. Букера, разгадку следует искать в механических результатах работы тех гигантских волн (так называемых «тцунами»), которые возникают периодически в океанах вследствие подводных землетрясений или вулканических извержений. Для этих волн характерна огромная их длина (в несколько сот километров) при относительно небольшой высоте (толщине) по сравнению с их длиной. Они распространяются, как известно, с колоссальной скоростью, причем в движение приходит вся масса воды в океане вплоть до самого дна. Избегая на континентальный склон и особенно скатываясь с него при своем обратном движении, тцунами могут, по мнению проф. Букера, производить энергичную эрозионную линейную работу. При таком допущении устраняются многие трудности в истолковании происхождения и морфологии подводных долин, с какими встречаются другие гипотезы. Идеи проф. Букера, думается нам, заслуживают полного внимания, хотя, конечно, вся проблема генезиса подводных долин еще не может все же считаться окончательно решенной и требует дальнейших наблюдений и исследований.

<sup>1</sup> S. Walter H. Bucher. Submarine Valleys and related problems of North Atlantic. *Bullet. of the Geological society of America* V. 51. 1940 № 1 pp. 489—512.

## РАВНИНЫ.

Внешние (морфологические) признаки: *равнины* — это более или менее обширные пространства суши, отдельные точки которых гипсометрически очень мало отличаются друг от друга. Общая малая расчлененность рельефа и сравнительно слабое развитие долин составляют характерные черты геоморфологии равнин.

В зависимости от гипсометрического положения различают:

1. *Низменные равнины (низменности)* — расположенные на небольшой высоте над уровнем моря (примером идеальной равнины такого рода является Западно-Сибирская низменность).

2. *Возвышенные равнины* — значительно приподнятые над уровнем моря.

Очень высоко расположенные равнины называются *нагорными*, или *высокогорными*; они располагаются обычно внутри континентов и потому часто также называются *внутриконтинентальными*. Их отличие от *плато* (см. ниже) — *столовых стран* — заключается в том, что они менее расчленены глубоко врезаемыми долинами, а также в том, что с краев они чаще всего замыкаются повыше-ниями рельефа, а не горными скатами, как плато.

3. Равнины, сложенные слабо дислоцированными толщами и поднятые над уровнем моря на небольшую высоту (не выше 200—300 м) и расчлененные сетью отчетливо сформированных долин, иногда фигурируют в геоморфологии под названием *плиты* (например, Русская плита, Подольская плита и др.). Плита, следовательно, представляет образование, переходное от настоящей равнины к плато.

Весьма важное значение для эволюции рельефа равнин имеет характер наклона их поверхности. По этому признаку выделяют равнины:

1) *Покатые* — обладающие на всем своем протяжении заметно выраженным скатом в одну сторону (например, Западно-Сибирская равнина, равнины Амазонки, Дуная, По и др.). Общий уклон поверхности их большей частью бывает весьма незначителен. Обычно такие равнины дренируются реками, текущими в океан или в море, и потому называются также *периферическими*.

2) *Косые (наклонные)* — отличающиеся от предыдущих более резко выраженным наклоном поверхности в одну сторону.

Обычно такие равнины окаймляют склоны горных возвышенностей, подвергавшихся в четвертичное время интенсивному оледенению (например, Осетинская наклонная равнина).

3) *Вознутые* — наиболее пониженные части которых находятся где-нибудь внутри равнины, так что периферические зоны со всех сторон имеют скат к этой внутренней пониженной части. По характеру дренажа они относятся к внутриконтинентальным образованиям (например, Прибалхашская равнина, Прикаспийская степь, многие части северной Африки и др.).

4) *Побережные* — отличающиеся большей частью сильно выровненной поверхностью, заметно наклонной к морскому побережью и постепенно уходящей под уровень моря (северное побережье Восточной Сибири, к востоку и западу от устья реки Индигирки, Атлантическое побережье Северной Америки).

А. Пенк выделяет еще в особую категорию *волнистые* равнины, поверхность которых характеризуется чередованием плавных понижений и повышений почвы. Они представляют уже переход к холмистым странам (см. ниже), (например, некоторые части севера Европейской части СССР, Казахской степи и др.).

5) *Долинные* — представляющие не что иное, как чрезвычайно расширенные речные долины.

Долины некоторых рек (Енисей, Амура, Дуная, Рейна, По, Амазонки) местами так расширяются, что переходят в настоящие равнины.

Собственно было бы правильно различать в геоморфологии два понятия: *равнины*, как тип геоморфологического ландшафта, к которому относятся все отмеченные выше признаки, и *равнинные страны*, как такие более или менее обширные территории, в общей физиономии ландшафта которых преобладающую, хотя и не исключительную роль играют равнины. Наряду с последними в состав ландшафта таких стран входят также обычно и другие формы, чаще всего аккумулятивные холмистые образования различного рода — дюны, увалы, гривы, озы, камы, морены, равно как блюдца, западины, котловины и т. п.

Так, например, в пределах Западно-Сибирской равнины мы находим довольно обширные площади, занятые или моренами (район Самарова — Сургута), или дюнами (Бельгагачская степь), или, наконец, усеянные котловинами пространства (так называемая «Горькая линия» в Ишимской степи).

### Мезоформы и микроформы на равнинах.

Следующие мезоформы и микроформы весьма обычны на равнинах в качестве подчиненных элементов рельефа, мало влияющих на общую морфологическую физиономию страны.

*Блюдца, западины* — небольшие округлой формы плоские и мелкие углубления, возникающие в результате почвообразовательных процессов или суффозии, или каких-нибудь других причин оседания почвы. Они оказывают большое влияние на распределение влаги в почве, а следовательно, и на характер почвенного и

растительного покровов (такие формы распространены на Русской равнине, в Приуральских степях, в Западно-Сибирской низменности и пр.).

*Провальные воронки* — формы, образующиеся в результате подземного выщелачивания гипсов или известняков. От предыдущих отличаются большей глубиной и крутизной стенок (например, Приуральские степи в пределах развития каменноугольных известняков).

*Котловины выдувания* — обязанные своим происхождением деятельности эоловых агентов. Обычны в сухих странах. В странах с изменившимся климатом часто бывают заняты озерами или болотами.

*Котловины аккумулятивные* — образующиеся вследствие неравномерного накопления рыхлого материала деятельностью ледников или проточных вод (распространены в северной части Русской равнины).

*Котловины выпахивания* — возникающие в результате эрозионной работы древних ледников. В настоящих плоских равнинах встречаются сравнительно редко.

*Котловины взорзионные* — небольшие круглые впадины, происхождение которых некоторые авторы (Гейниц) приписывают выдавливающей работе падавших с края отступающего ледника водных струй. Часты на равнинах, подвергавшихся некогда оледенению. Большей частью бывают заняты озерками (сёлли, или пфули).

*Котловины оседания* — образующиеся в области прежнего покрытия ледника вследствие стаивания сохранившихся среди ледниковых наносов кусков отмершего льда. По форме сходны с предыдущими.

*Плоские ложбины (промоины)* — обязанные своим происхождением талым и дождевым водам или же потокам во время половодий.

*Старицы* — углубления, представляющие отмершие участки речных русел. В плане обычно имеют изогнутую колбасообразную форму; своими сближенными концами обращены к современной пойме. Всегда заняты водой (озера) или болотами. Часто имеют сток к современным рекам. Обычны в долинах рек, особенно крупных (среднее течение Вятки, среднее течение Иртыша и многих других).

*Увалы* — плоские, часто несколько вытянутые возвышенности среди равнин, не обладающие отчетливо отграниченными от равнинных частей подошвами или склонами.

*Гривы* — более узкие, вытянутые, невысокие, с плавным профилем повышенные участки равнины, сравнительно далеко отстоящие друг от друга (характерны для Западно-Сибирской равнины, где они обычно всегда вытянуты по одному направлению: юго-запад — северо-восток).

*Прирусловые валы* — довольно резко очерченные в поперечном профиле, похожие на дамбы узкие возвышения, нагроможденные реками по своим берегам, сложенные аллювиальным материалом.

Обычны на равнинах, в которые реки еще не успели глубоко врезать свои долины. Сопровождают течения современных и древних русел.

*Озы* — вытянутые, похожие на железнодорожные насыпи возвышения, сложенные флювиогляциальным материалом, дающие в поперечном сечении правильный профиль с крутыми боками и выровненным верхом. В своем расположении не считаются с деталями рельефа, одинаково протягиваясь через долины и ровные места. В настоящих равнинах сравнительно редки.

*Холмообразные вздутия* — обязанные своим возникновением явления вспучивания грунтов в областях развития вечной мерзлоты (север Сибири).

*Полигональные грунты* — многоугольные, большей частью неправильно шестиугольные, плоско-вогнутые, со вспученной серединой участки и пятна, со всех сторон окруженные валиками, часто состоящими из скопления камней. Встречаются в горах и равнинах (северных) тундровых, следовательно, в областях распространения вечной мерзлоты.

*Песчаная рябь*, разнообразные *пылевые* и *песчаные нагромождения*, *дюны* (см. ниже) — распространенные в равнинах, подверженных деятельности эоловых агентов.

*Снеговая рябь*, *снеговые наметы*, *заструги* — обычны в равнинах снеговых аккумулятивных полярных стран (внутренняя Гренландия, равнинные части Антарктики и др.).

*Эрратические валуны* — на равнинах, подвергавшихся региональному древнему оледенению.

Мы считали небесполезным перечислить здесь мелкие и средние формы, весьма часто встречающиеся в пределах равнинных стран в качестве подчиненных последним элементов рельефа. С окружающими их чисто равнинными пространствами они часто бывают связаны соотношениями настоящей корреляции (например, заструги, дюны, полигональные грунты, бугры выпучивания), но иногда и совершенно чужды им (морены на равнинах, подвергавшихся древнему оледенению). Сами по себе эти формы относятся, само собой разумеется, к другим категориям, о которых речь впереди, и при массовом развитии обуславливают иногда возникновение особых типов геоморфологического ландшафта, о котором будет сказано дальше.

### Речные долины в пределах равнин.

Особо приходится сказать о характере *речных долин*, *своих собственных равнин*, и вообще о расчленении равнин деятельностью проточных вод.

На *покатых*, *наклонных* и *побережных* равнинах общее направление наклона поверхности равнины определяет собой и все направление дренажа страны гидрографической сетью. На *побережных равнинах*, в особенности недавно вышедших из-под уровня моря (молодых), реки текут в долинах консеквентных, т. е. таких, направление которых целиком определяется уклоном поверхности

страны. Этим направлением обладают не только те долины, которые возникли на равнине уже после того, как она вышла из-под уровня моря, но и низовые части таких долин, начало которых лежит глубоко внутри страны, нередко в горных возвышенностях. Простота и правильность узора в плане всей гидрографической сети составляют характерную черту таких стран. На обширных покатых равнинах, глубоко простирающихся внутрь страны, как, например, в Западной Сибири, сохраняется в общем та же картина, хотя и в менее правильной форме: основные дренажные артерии текут в общем в одном и том же направлении, но их параллелизм в большей или меньшей степени уже нарушен, а боковые притоки образуют в общем прихотливо разветвленную, наподобие системы кровеносных сосудов, сеть. Для наклонных равнин имеем картину, аналогичную той, какую мы видели на побережных равнинах.



Рис. 62. Волнистая равнина. Степь в районе оз. Шира, Хакассия (фото Я. С. Эдельштейна).

На *вогнутых* равнинах вся гидрографическая сеть получает картину центростремительного расположения, обусловленного тем, что общий базис эрозии (наиболее пониженная часть равнины) находится внутри страны.

*Волнистые* равнины соответственно с устройством своей поверхности отличаются неправильным расположением дренажных артерий (рис. 62, 63).

Наконец, *аккумулятивные* снежные равнины совершенно лишены водного дренажа, а следовательно, и долин.

Общей особенностью долинных систем всех равнинных стран является их зависимость, главным образом, от устройства поверхности страны, а не от ее геологического состава, как это часто имеет место в горных странах.

Степень расчлененности равнин долинными образованиями зависит от наклона их поверхности и степени общей приподнятости равнины над уровнем моря.

В наклонных равнинах главные водные артерии иногда текут в глубоко врезанных каньоноподобных долинах (Изар на Мюнхенской равнине, Ичи и др.). Такие же каньоны прорыли себе реки

на восточном равнинном склоне Урала, по западной окраине Западно-Сибирской равнины (Исеть, Миас и др.).

На покатых и побережных равнинах только главные дренажные стволы текут в лучшие сформированных долинах, нередко с хорошо развитыми террасами на склонах. Второстепенные реки, наоборот, сплошь и рядом вмещаются в углублениях, которые представляют собственно даже не долины, а скорее как бы канавы, наполненные водой. Выступая из берегов во время половодий, реки при этом отлагают несомый ими материал по берегам в виде прирусловых валов, которые они впоследствии могут прорывать при новых половодьях, затопля значительные площади прилегающей равнины и иногда меняя свое течение. Таковы многие из рек на Западно-



Рис. 63. Характер степи между Шира и Биле (фото Я. С. Эдельштейна.)

Сибирской равнине (Омь, Каргат, Чулым и др.). Характерным примером рек такого рода может служить нижнее течение Хуанхэ.

На аллювиальных равнинах гидрографическая сеть дает картину сильно ветвящегося древесного ствола (дендритовый тип), например, равнины рек Амазонки, По, Брахмапутры и др.

При описанных процессах реки, постепенно аккумулируя аллювиальный материал не только по берегам, но и в своем русле (в силу слабого наклона ложа последнего), мало-помалу создают как бы повышенные каналы-чехлы, в которых они текут на уровне более высоком, чем поверхность окружающей равнины. Опасность затопления последних при прорывах прирусловых валов при этом становится особенно большой. Примером могут служить реки Голландии.

Таким образом, реки на равнинах текут частью в эрозионных долинах, частью в аккумулятивных аллювиальных чехлах, не заслуживающих названия долин.

На вогнутых равнинах, как сказано, гидрографическая сеть дает картину центростремительной группировки водных артерий. При этом в верхних отрезках своих течений реки прорывают себе обычно настоящие эрозионные долины, а в нижних, ближе к центральной депрессии, отлагают вынесенный из периферических участков равнины материал, постепенно заполняя, таким образом, центральную впадину.

Если впадина сухая, то в таком случае она мало-помалу заносится аллювиальными толщами, повышая с течением времени свою поверхность. Если она занята морем или озером, то к морским или озерным осадкам прибавляются аллювиальные. Наконец, если в ней периодически (после паводков) появляются временные разливы в виде озер, то озерные осадки здесь чередуются с аллювиальными. При этом, при движении от центра к периферии, озерные или солоноватоводные толщи уступают место речным, но граница между теми и другими выражена нерезко и проходит весьма неправильно, так как заполняющие центральную депрессию мелководные озера — разливы, будучи весьма чувствительными к изменениям метеорологического режима, часто меняют свои размеры и очертания своих берегов (примеры: многочисленные сухие или занятые непостоянными озерами впадины в северной Сахаре, где они называются *шоттами*, Прикаспийская впадина, Закаспийская низменность, многие другие части центральной Азии, внутренних частей Австралии и пр.).

### Происхождение равнин.

подавляющее большинство равнин обязано своим происхождением процессам аккумуляции (накопления) материала. Лишь сравнительно немногие произошли в результате морского смыва или же длительной субаэральной денудации (пенеплен — почти-равнины).

По генетическим признакам можно различать следующие категории равнин:

1. *Абразионные* — большей частью узкие полосы морских побережий, несущие на себе ясные признаки морского смыва. Срезанная под один уровень подстилка из коренных пород бывает обычно прикрыта не особенно мощными толщами морских отложений.

2. *Морские аккумулятивные (талласогенные)* — возникающие в результате наступания моря на предварительно пенепленизированную страну. Под морскими осадками нередко еще сохраняются континентальные и пресноводные отложения (примером может служить равнинная часть восточного склона Урала).

3. *Прибрежно-морские аллювиальные (дельтовые, потамогенные)* — получающиеся в местах, где реки, впадающие в море, быстро строят свои дельты, причем дельты соседних рек могут сливаться между собой, разрастаясь в ширину (примеры: восточные побережья Бенгальского и Мартабанского заливов).

4. *Прибрежные смешанного происхождения* — возникающие на побережьях, испытавших неоднократные подъемы и опускания и

вследствие этого попеременно покрывавшихся то морскими, то аллювиальными или вообще континентальными отложениями (рис. 64).

5. *Субаэрально-аккумулятивные* — получающиеся в результате накопления аллювиального (речного и озерного) и делювиального, а иногда также ледникового и эолового материалов на медленно опускающейся поверхности слабо расчлененной страны. Толщи континентальных наносов, слагающих такие равнины, могут достигать громадной мощности (примеры: Индо-Гангская равнина, с мощностью наносов до 2000 м и более, равнина По и др.).

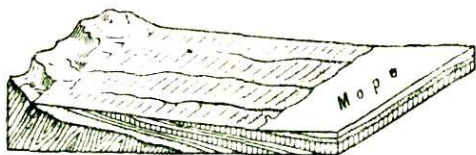


Рис. 64. Прибрежная равнина смешанного происхождения.

Гангская равнина, с мощностью наносов до 2000 м и более, равнина По и др.).



Рис. 65. Русская равнина, долина Волги у Ярославля (по Шпейцеру).

6. *Аллювиальные* — расширенные поймы долин (рис. 65). Мощность наносов здесь обычно гораздо меньше, чем на предыдущих равнинах (равнины системы реки Амазонки).

7. *Наклонные ледниковые* — возникающие в результате отложения мощных толщ флювиогляциального, нередко смешанного с моренным, материала на склонах и по подошвам горных цепей, подвергавшихся в четвертичное время интенсивному оледенению

(примеры: Мюнхенская наклонная равнина, Осетинская наклонная равнина). Сюда же можно отнести и некоторые зандровые поля (например, в Исландии).

8. *Полярно-снежные аккумулятивные* (Гренландия).

9. *Озерно-аккумулятивные* — возникающие в результате медленного заполнения наносами озерных водоемов (центральная часть Таримской впадины).

10. *Денудационные (почти-равнины — пенеплен)* — получающиеся вследствие длительной субэвразальной денудации и эрозии горных стран при условии устойчивого положения базиса эрозии. Коренные породы или выходят во многих местах на поверхность (останцы), или скрыты на относительно небольшой глубине под наносами. Поверхность в общем не совсем ровная, волнистая:



Рис. 66 Срезание под углом топографической поверхностью наклонных слоев, Хакасия, восточный склон Кузнецкого Алатау (фото Я. С. Эдельштейна).

характерно резкое несогласие между топографической поверхностью и геологической структурой. Равнины эти редко сохраняют свое первоначальное гипсометрическое положение и обычно оказываются более или менее высоко поднятыми над уровнем моря эпейрогеническими движениями литосферы (рис. 66).

Обширные равнины (равнинные страны) в разных частях своих могут иметь различное происхождение. Например, Западно-Сибирская равнина, ближе к Уралу, в своем происхождении частью денудационная, частью абразионная, на крайнем севере аккумулятивно-морская, южнее ледниковая, еще южнее континентально-

аккумулятивная. То же можно сказать относительно Русской равнины.

Географически равнинные страны занимают на земном шаре обширные площади, не менее 15—20% всей суши.

### Дополнительные замечания о прибрежных равнинах.

А. Пенк отмечает, что прибрежно-морские равнины обладают всеми характерными признаками речных равнин, а именно: затрудненным дренажем вследствие наличия прибрежных валов или дюн, идущих параллельно морскому берегу, а также по причине того, что их речные артерии большей частью текут по аккумулятивному, ими самими нагроможденному ложу, приподнятому над общим уровнем равнины. Сложены они бывают большей частью из аллювиального материала (рыхлых песков, галечников, глин и т. п.). Их происхождение, по А. Пенку, обычно находится в тесной связи с устьями впадающих в море рек (*дельта*). Если вдоль морского берега идет постоянное течение, аллювиальный материал уносится в одну сторону, и тогда мы имеем *перемещенную дельту*. Если на побережье открывается несколько рек, тогда дельты, построенные ими, могут сливаться между собой, и мы получаем *сросшиеся дельты* (восточное побережье Северной Америки, побережья Ост-Индии и Гвинеи и др.). По месту отложения материала, из которого построена равнина, А. Пенк различает: литторальные, морские и континентальные прибрежные равнины.

*Литторальные прибрежные равнины* возникают, благодаря постепенному выдвиганию в море береговой линии при аккумуляции и сохранении постоянства уровня моря. Они характеризуются наличием рядов параллельных береговых валов, между которыми залегают вытянутые лагуны.

*Морские прибрежные равнины* бывают построены из рыхлых материалов, отложившихся в море и затем приподнятых при отрицательном движении береговой линии. От литторальных равнин они отличаются тем, что в них морские отложения подняты над уровнем моря, между тем как в литторальных они залегают ниже уровня моря.

*Континентальные прибрежные равнины* возникают на опускающихся участках морского побережья, на котором по мере опускания происходит накопление аллювиального материала. В зависимости от темпа накопления последнего береговая линия то остается неподвижной, то выдвигается в море, то, наоборот, надвигается на сушу. Большинство крупных дельтовых равнин образовалось путем накопления рыхлого аллювиального материала на опускающихся участках побережья.

В качестве примера весьма неправильной прибрежно-морской равнины Дэвис приводит побережье штата Мэн на берегу Атлантического океана в Северной Америке.

Историю ее развития он рисует в следующих чертах. Страна слагается толщами сильно дислоцированных кристаллических сланцев, простирающихся с северо-востока на юго-запад. Эта

страна в процессе нормальной денудации приобрела пониженный рельеф. Затем она была слегка приподнята и вновь расчленена до стадии поздней зрелости. Страна в этой стадии характеризовалась широкими открытыми долинами, совпадающими с полосами более мягких пород, разделенными широкими куполовидными хребтами и холмами: эти продольные долины соединялись между собой поперечными долинами. Затем страна подверглась оледенению. Деятельностью ледников был удален почвенный доледниковый покров и на обнажившиеся коренные породы отложились морены и флювиогляциальные отложения. Точно также и коренные породы подверглись некоторому разрушению под влиянием работы ледников. Во время оледенения вся страна опустилась под тяжестью ледника примерно метров на 120 или больше. При этом прибрежные долины и низкие хребты опустились под уровень моря, над поверхностью которого выдавались лишь более высокие хребты. После отступления ледника в пределах прежних долин в глубоких и спокойных местах отложились толщи глин. Вдоль склонов междолинных хребтов к глинам примешивались пески и галечники. На самых высоких частях хребтов такие глины и пески не отлагались, быть может, по причине сильных приливоотливных течений. Когда наступило послеледниковое поднятие, то морское дно не оказалось выровненным, а, наоборот, на нем между выполненными глинами долинами поднимались многочисленные округлые холмы и хребты. После того, как растаял лед, защищавший берега от морского прибоя, последний начал действовать на берега и оставил на них следы своей работы. В настоящее время находят следы прежней работы моря в расстоянии 15—30 км от моря и на высоте до 100 м над уровнем моря в виде кос, кошек, уступов и т. п.

После поднятия из-под уровня моря страна имела приблизительно следующий вид. Хребты и холмы еще сохраняли преобладающее северо-восточное направление, но на них коренные породы выступали на более обширных пространствах, чем в доледниковое время. Широкие долины были выполнены толщами глин, придававшими им равнинный характер. Внутренняя граница глинистых осадков имела весьма неправильные очертания, соответственно неправильным очертаниям береговой линии того моря, в котором они отлагались.

### Такыры.

Разновидностью вогнутых равнин являются характеризующиеся совершенно плоской нерасчлененной поверхностью равнинные пространства, известные в русской литературе под названием *такыров* (а в американской под названием *плайя*), иногда обозначаемые также терминами *себкха*, *парсан*. Они встречаются в пустынных или полупустынных странах — на различных гипсометрических уровнях — среди каменистых, щебневых или песчаных пустынь.

Такыры представляют собой не что иное, как различной величины и разных очертаний пониженные пространства, заливаемые

периодически — после сильных ливней, изредка случающихся в пустынных странах, или весной после таяния снегов — переполненной мутью водой и превращающиеся во временные мелкие озера. Существование последних весьма эфемерно. Они скоро высыхают, и на месте их остается тогда «бесплодная илистая равнина, затвердевающая под действием солнечных лучей и растрескивающаяся во всех направлениях от сокращения поверхности при высыхании. Озерные отложения получают тогда замечательное сходство с мостовой из кусков светложелтого мрамора и становятся такими твердыми, что звенят под копытами галопи-

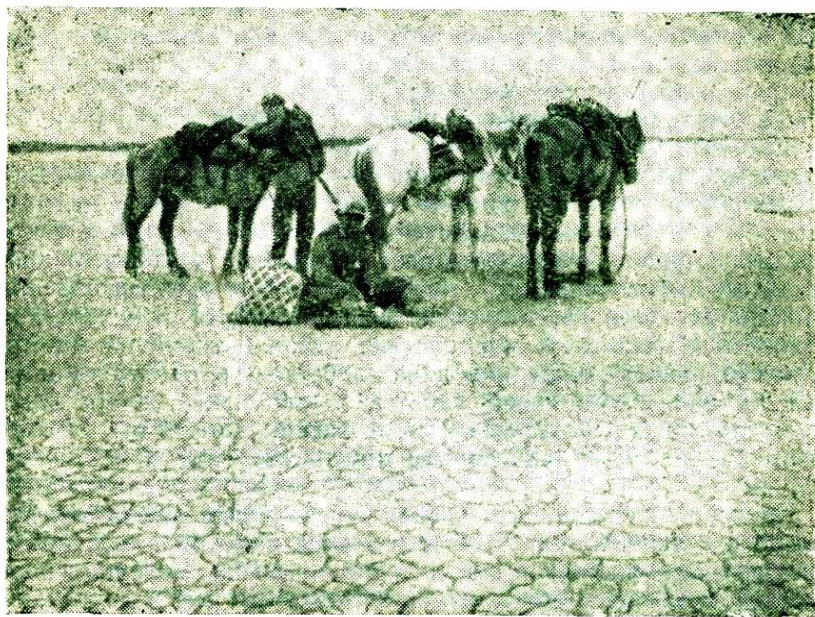


Рис. 67. Тагыр Чаирский, Мангышлак (фото Н. Н. Андрусова).

рующей лошади, но редко удерживают следы подков» (Рессель). «Когда летний жар, — пишет тот же автор, — отнимает последнюю каплю влаги у этих пустынь, появляются белые солевые выцветы, образующиеся в результате кристаллизации различных солей, поднявшихся к поверхности по капиллярам». Иногда выцветы солей на поверхности такыра (плайи) так густы, что издали она кажется как бы покрытой снегом. Накопления солей (поваренной соли, гипса, углекислой извести, соды, а иногда и буры) местами происходят в таком количестве, что могут служить предметом промышленной добычи. По описанию Ресселя, одна из плай в штате Юта заливается в дождливое время года водой, насыщенной «настолько серноокислым кальцием, что при испарении ее» образовался слой гипса около 2 м мощности замечательно чистого состава. Ветер уносит мелкие кристаллы гипса и накопляет их «в виде громадных дон» яркобелого цвета.

Некоторые исследователи склонны были считать такыры остатками дна постепенно сократившихся морских бассейнов. Но из данного только что описания видно, что они представляют результат накопления выносимого пресноводными потоками мелкоземистого, обогащенного солями *пролювиального* материала с окружающих такыр каменистых или песчаных возвышенных пространств. Почву такыров некоторые авторы сравнивают с лёссом или лессовидным суглинком. Обручев пишет, что «почка такыра есть не что иное, как серый озерный лёсс», но он «только содержит больше песка, больше солей, значительно менее порист и поэтому почти не проницаем для воды». В стенках глубоких и широких трещин, пересекающих поверхность такыров, можно видеть, что слагающие их суглинки обладают тонкой правильной слоистостью, причем мощность отдельных слоев варьирует в зависимости от количества приносимого каждый раз водяными потоками материала.

Из сказанного ясно, что как в центральной части всякой другой вогнутой бессточной равнины, так и в такыре поверхность обладает тенденцией к росту вверх с течением времени, другими словами, такыры представляют типичные аккумулятивные равнины. Вальтер полагает, что процесс накопления материала может происходить на такыре и в сухое время года, так как гигроскопические соли, покрывающие его поверхность, делают последнюю влажной и, следовательно, способной приклеивать к себе пыль, наносимую ветром.

Типичные примеры многочисленных такыров в пределах СССР имеются на Усть-Урте, на Мангышлаке, в Кызыл-Кумах, Кара-Кумах (рис. 67).

### Аккумулятивные равнины.

Примерами великих аккумулятивных равнин могут служить: Западно-Сибирская и Амазонская равнины, равнины Инда, Ганга, Уругвая, Параны, Миссисипи, низовьев Хуанхэ и др. Во всех этих случаях мы имеем дело с аккумулятивными образованиями, но история возникновения каждой из названных и многих других равнин подобного рода отличается своими индивидуальными особенностями.

*Западно-Сибирская* равнина возникла на месте большой области тектонического опускания, образовавшейся в конце палеозойской или в начале мезозойской эры на пространстве между территориями современного Урала и Средне-Сибирского плато.

В юрскую, затем в меловую и позже в палеогеновую эпохи область Западно-Сибирской низменности была залита мелководным шельфовым морем, граничившим с тогдашним Уралом извилистой береговой линией. Как далеко простиралось это море на восток, в пределы современной Сибири, и доходило ли оно до линии современного течения Енисея, с точностью неизвестно. Третичное море, во всяком случае, проникало на юг в пределы современной территории Казахской складчатой страны. Со второй

половины третичного времени море отступило из пределов Западно-Сибирской низменности, и с тех пор страна превратилась в одну из величайших по площади равнин на земном шаре. Первоначально она была усеяна многочисленными пресноводными озерами и болотами, покрыта роскошной растительностью и населена богатой фауной млекопитающих. Постепенно озера зарастали и заносились аллювиальным материалом, сносимым с окрестных возвышенностей речными потоками. К концу плиоцена на равнине развилась гидрографическая сеть, но иного вида и густоты, чем современная. В начале четвертичного периода северная часть равнины до 60-й параллели была перекрыта ледником, спускавшимся на нее с Урала и из района Таймыра. В это время в средней части равнины опять возникли многочисленные озера; гидрографическая сеть претерпела существенные изменения, а в южных зонах на обширных пространствах начал отлагаться лёсс. С отступанием ледника северная зона была перекрыта трансгрессией бореального моря, которое затем вновь отступило, и страна постепенно перешла к современному режиму. Мы видим, таким образом, что Западно-Сибирская равнина представляет по истории своего развития весьма сложное аккумулятивное образование и ни в каком случае не может быть обозначена просто как аллювиальная равнина, как это делают некоторые авторы, так как в ее сложении принимают участие морские, озерные, речные, ледниковые и эоловые отложения.

*Равнина Амазонки* — одна из величайших в мире — точно также представляет по своему происхождению и истории развития довольно сложное образование. В центральной части бассейна Амазонки, выше устья Мадейры, аллювиальные отложения занимают колоссальные площади, и именно здесь равнина в полном смысле слова заслуживает названия *аллювиальной*. Дальше к востоку, по направлению к низовью, равнина постепенно суживается, как бы стесняемая с севера и юга древними массивами — Гвианским и Бразильским. Геологическое строение бассейна Амазонки показывает, что еще в середине третичного времени на его месте существовал морской залив, проникавший вглубь Южно-Американского континента далеко на запад, по крайней мере на 2,5 тыс. км от побережья современного Атлантического океана. Этот залив, располагавшийся на месте синклинали, сложенной палеозойскими стоями, был сначала частично выполнен морскими третичными осадками, а затем мало-помалу в течение второй половины третичного и в четвертичное время занесен реками, стекавшими со склонов Анд. Как и в Западно-Сибирской низменности, покрытой колоссальными массами аллювиального материала, третичные слои и здесь залегают горизонтально, но разница заключается в том, что на Амазонке они были местами подняты эпифоргеническими движениями на значительную высоту перед отложением постплиоценовых осадков, и потому в настоящее время они во многих местах поднимаются над поверхностью равнинных аллювиальных отложений в виде остатков расчлененного эрозией плато, падающих к Амазонской низине обрывами до 300 м высоты. Так как

заполнение Амазонской впадины горизонтальными толщами рыхлых осадков началось еще в середине третичного времени, то, очевидно, что происхождение этой равнины, как и Западно-Сибирской, не приходится ставить в прямую зависимость от ледниковых явлений, как на это указывалось в литературе.

Орошаемая системой реки По и ее притоками *Ломбардская низменность* точно так же в своей нижней части представляет не что иное, как морской залив, постепенно заполнившийся аллювиальными наносами, вынесенными реками, впадавшими в него с Альп и с Апеннин. В общем она представляет типичную аккумулятивную равнину, образовавшуюся на месте тектонического прогиба, возникшего в третичное время в связи с формированием Альпийской складчато-покровной системы горных возвышенностей. Характерной чертой истории ее возникновения и развития надо считать постепенное опускание дна этого тектонического прогиба по мере накопления на его поверхности аллювиальных осадков. И в этом случае заполнение впадины речными наносами началось еще в третичное время, задолго до ледникового периода.

Сходна по истории своего развития с равниной По, но далеко превосходит ее размерами *Индо-Гангская равнина* в северной Индии. Она располагается также на месте мощного тектонического прогиба, возникшего в третичное время в результате создавших Гималаи орогенических движений и отделившего глубочайшим жолобом Гималайскую горную цепь от нагорья Индостана. По мере опускания своего дна этот тектонический жолоб заносился колоссальными массами рыхлого материала, доставлявшегося реками с Гималаев и со стороны Индостана. В настоящее время дно этого прогиба чрезвычайно глубоко опустилось под уровень океана. На основании гравиметрических наблюдений мощность рыхлых наносов, залегающих под поверхностью равнины, исчисляется по меньшей мере в 2—2,5 тыс. м, между тем как абсолютная высота поверхности самой равнины в том районе, где Ганг и Инд выходят из гор на равнину, не превышает 250—300 м. Заполнение *Индо-Гангской впадины* аллювиальными осадками началось задолго до четвертичного оледенения и продолжается, как и в долине По, и в настоящее время.

Внутри Азиатского континента мы также имеем примеры аллювиальных равнин, образовавшихся путем заполнения рыхлыми наносами глубоких тектонических впадин. Таковы: *Ферганская долина*, представляющая, подобно впадинам По и Ганга, тектонический жолоб с медленно опускающимся дном, и обширная *Таримская впадина*. Мощность рыхлых наносов, накопившихся в течение второй половины третичного периода и в четвертичный период в Ферганской долине, достигает вероятно, неменьших размеров, чем в Индо-Гангской равнине. Среди этих наносов только верхние ярусы представлены четвертичными конгломератами, между тем как гораздо более мощные нижние относятся несомненно к отложениям неогеновым. Таким образом и для Ферганской долины мы можем лишь часть рыхлого материала, заполняющего ее, по времени происхождения приурочить к ледниковому периоду.

Таримская впадина, большая часть которой занята песчаными пустынями, изучена недостаточно для того чтобы можно было с уверенностью говорить о прошлой ее истории, но едва ли можно сомневаться в том, что и она развивалась в условиях, в общем аналогичных тем, какие сопровождали развитие Ферганской долины.

Несколько иной, хотя тоже тектонический характер носит *Средне-Рейнская равнина*. Здесь наносами Рейна и его притоков заполнен типичный грабен, отделяющий Шварцвальд от Вогезов. Бурениями и в этой равнине доказана большая мощность наносов, впрочем, гораздо меньшая, чем в Фергане и в северной Индии.

Такую же сложную эволюцию, как Западно-Сибирская равнина, пережили обширнейшие американские равнины — *Миссисипи* и *Патагонская*. Основные черты рельефа обеих наметились еще в отдаленные геологические времена, так как и в Северной Америке — в равнине Миссисипи — и в Южной Америке — в Патагонии — толщи четвертичных, главным образом, аллювиальных наносов, слагающих поверхность равнин, покоятся на мощных свитах горизонтально наслоенных верхнетретичных континентальных отложений, подстилаемых нижнетретичными и верхнемеловыми слоями — *лярами*.

*Центральная северо-американская равнина* представляет собой обширную низменную страну, занимающую внутреннюю часть северо-американского континента. В геоморфологическом и геологическом отношении она является таким же сложным образованием, как и описанные выше равнинные страны. В американской литературе она описывается под названием «внутренней низменности» (*interior lowland*). На севере эта страна окаймляет область Великих Озер, и граничит с Адиронакскими возвышенностями, на востоке незаметно переходит в плато, сложенное горизонтальными толщами палеозойских пород, образующими плато вдоль склонов Аппалачей.

В основании низины залегают сильно метаморфизованные, подвергшиеся сильнейшим складчатым и разрывным дислокациям докембрийские толщи, интродуцированные магматическими телами. На этом докембрийском фундаменте несогласно покоятся мелководные палеозойские отложения, представленные как нижнепалеозойскими (ордовик, силур), так и верхнепалеозойскими (карбон) слоями. В течение палеозойской эры в этой части Северной Америки трансгрессии неоднократно чередовались с отступлениями моря, так что в начале и конце ордовика, в позднесилурийское время и в середине каменноугольного периода здесь расстились обширные пространства суши. Палеозойские слои залегают в общем довольно спокойно и только местами согнуты в пологие валообразные складки, возникшие в результате орогенетических движений, имевших место в прилегающих складчатых горных зонах. В триасовый и большую часть юрского периода страна оставалась сушей. Только в конце юрского периода сюда проникла с севера со стороны Северного Ледовитого океана кратковременная трансгрессия. Впоследствии наиболее важным моментом в геологической истории страны явилась зашедшая сюда трансгрессия сенонского (конца мела) времени, когда почти вся область современных великих равнин залита была морскими водами, которые проникли на восток до района Миссисипи в штате Миннесота.

Эти трансгрессии палеозойского и мезозойского времени были следствием эпйрогенетических движений. Тот факт, что к концу мелового времени обрамляющие с востока низину возвышенности восточных штатов были доведены до состояния почти-равнины, свидетельствует о том, что в мезозое здесь не происходило диастрофических складчатых движений, хотя в области Озарк и происходили сбросы и незначительные интрузии основных магм. В кайнозойскую эру возвышенные части внутренних низин подвергались энергичной

эрозии, между тем как в наиболее пониженной части их, ныне занятой великими равнинами, накапливались мощные толщи осадков за счет продуктов сноса с окружающих высот, что было обусловлено сильным прогибом этой территории в эоценовое время. В неогене страна постепенно поднялась и приблизилась к своему современному виду не только в смысле морфологии, но и климата.

В четвертичное время великий материковый ледник покрыл равнину почти до устья р. Охайо. Ледниковые эпохи несколько раз перемежались с межледниковыми, во время которых климат становился почти столь же мягким, как в плиоцене, и древняя плиоценовая фауна вновь заселяла освобожденные от ледникового покрова площади. К концу четвертичного периода большая часть этой фауны вымерла. После исчезновения ледникового покрова страна испытала легкие изгибы и в общем слегка приподнялась, в особенности на западе и востоке. Следи человека обнаружены только в отложениях конца четвертичного времени.

Такова сложная история геологического прошлого внутренней низинной страны. Понятно поэтому, что в настоящее время отдельные части ее различаются между собою весьма заметно и по своей геоморфологии. На западе имеем относительно высокие плато, сравнительно еще слабо расчлененные эрозионными долинами. Эти плато спускаются совершенно незаметно к востоку в сторону долины Миссисипи. Плато вдоль юго-восточного края равнины и в области Озарк глубоко рассечены долинами и поэтому приобрели вид холмистых стран. Северные части страны характеризуются типично ледниковым рельефом (с моренами, озерами, неорганизованной речной сетью и пр.). Центральная полоса, заключенная между западными и восточными возвышенностями, представляет широкую плоскую впадину, занятую долиной Миссисипи. В бассейне последней долины более крупных рек сравнительно нешироки, имеют ровное дно, междуречья плоски и слабо расчленены. На юге — в Техасе — великие равнины обрываются довольно резким уступом, по-видимому, вдоль сбросовой линии, к широкой береговой равнине Мексиканского залива.

Предполагают, что денудационные равнины на вершинах плоских краев в центральных и западных штатах по возрасту не старше конца третичного времени. В пределах великой равнины междуречья увенчаны миоценовыми отложениями, так что долины очевидно моложе миоцена. Есть все же данные в пользу того, что большинство долин развилось главным образом в четвертичное время. Молодость многих долин явствует из того, что притоки их не успели еще далеко взлезать в междуречные плато.

В северной зоне под накоплениями ледниковых наносов доледниковый рельеф большей частью совершенно погребен. Только в юго-западной части штата Висконсин есть площадь, которая даже во время максимального распространения льдов не была ими покрыта; это так называемая *безвалунная площадь*; здесь сохранился эрозионный доледниковый рельеф. В штатах Айова и Иллинойсе в послеледниковое время реки успели выработать сложную систему долин, выполненных террасированными аллювиальными отложениями; но в общем типично ледниковый рельеф здесь мало пострадал от эрозии.

Как видно из всего сказанного, в морфологии и истории развития рельефа центральной северо-американской равнины есть немало общего с Западно-Сибирской низменностью.

В Южной Америке аллювиальные равнины, орошаемые водами Уругвая и Параны, покрыты на обширных пространствах грубой галькой и конгломератами четвертичного возраста, представляющими весьма вероятно флювиогляциальные отложения водных потоков, вытекавших из громадных ледников, существовавших в ледниковый период в Андах. Но и здесь песчано-галечные флювиогляциальные толщи не создали равнины, а легли на готовую уже поверхность равнины, возникшей раньше.

Разобранных примеров достаточно, чтобы показать, что большинство великих равнин земного шара как Старого, так и Нового

света, представляют по истории своего происхождения образования сложные, получившие первоначальное свое заложение в более или менее отдаленные геологические времена в результате тех или иных тектонических движений земной коры (медленных опусканий эпейрогенического характера, сбросов, мощных прогибов геосинклинального типа и т. п.). Некоторые из них уже во второй половине третичного времени представляли собой равнинные страны, дренируемые богато разветвленными речными системами или усеченные озерами, в которых шло более или менее быстрое накопление рыхлых наносов, сносимых проточными водами с окружающей суши или навеваемых воздушными течениями. Те из них, которые граничили с горными возвышенностями, на больших или меньших пространствах были перекрыты в ледниковый период флювиогляциальными и ледниковыми отложениями, но фаза такой аккумуляции явилась лишь одним из этапов в общей эволюции, определившей равнинный облик этих стран.

Приведенные на предыдущих страницах примеры и ряд других, на которых мы здесь не останавливались (равнины Хуанхэ, Тигра и Евфрата, Канадские равнины и др.), показывают, что великие аккумулятивные равнины земного шара в своем распространении приурочены к определенным крупным геоструктурным частям литосферы, что в основе их возникновения лежат моменты прежде всего тектонического порядка и что их ни в каком случае нельзя рассматривать как результаты работы исключительно экзогенных агентов в те или иные эпохи геологического прошлого. Эти соображения не мешают иметь в виду не только при изучении современных равнин, но и при анализе и реставрации генезиса ископаемых равнин, о которых несколько замечаний будет еще сделано в дальнейшем. Сказанное не относится, конечно, к равнинам аккумулятивным снежным, абразионным, прибрежным и к денудационным почти-равнинам, возникшим в результате эрозии горных стран.

Но есть и такие равнины, которые своим происхождением действительно обязаны, если не целиком, то во всяком случае, главным образом, деятельности внешних агентов, именно ледниковых. К наиболее известным и типичным формам этого рода относится Мюнхенская наклонная равнина на северном склоне Альп, образовавшаяся в результате накопления у северной подошвы Альп ледникового и флювиогляциального материалов в первую половину четвертичного периода, когда оледенение Альп было неизмеримо больше, чем в настоящее время, и когда ледники спустились с гор в предгорные области. Судя по описаниям исследователей, мы имеем аналогичное образование и на Кавказе, в районе Дзауджикау (Осетинская наклонная равнина).

В заключение, быть может, излишне будет повторить, что следует проводить различие между *равниной*, как геоморфологическим понятием в строгом смысле слова и *равнинными странами*. Понятие «равнина» мы уже определяли выше. Под «равнинными же

странами» мы будем разумеать обширные площади на земной поверхности, геоморфологическая физиономия которых определяется преобладанием равнин, хотя и другие формы поверхности могут принимать в ландшафте их более или менее заметное, а иногда и довольно видное участие. Такова в первую очередь наша Русская равнина. Кроме чисто равнинных участков, на ней имеются и обширные пространства, занятые котловинами (озерные области) и холмами (например, Валдайская возвышенность). Точно также и Северо-Германская равнина в отдельных своих частях имеет далеко неодинаковый вид. Даже Западно-Сибирская равнина в средних своих зонах представляет почти идеальную ровную низменность, на севере переходящую в холмисто-моренный ландшафт, а на юге в котловинно-озерный. Вот почему в ландшафте равнинных стран мезоформы играют особенно важную роль и вот почему на их роль в определении морфологии равнинных стран приходится обращать такое серьезное внимание.

### Методы восстановления прошлой истории (эволюции) равнин.

Для того чтобы с уверенностью судить о прошлой истории равнины, необходимо сопоставить устройство ее поверхности с ее геологическим строением. Так как равнины часто бывают весьма бедны обнажениями, то в данном случае особую важность приобретает изучение материалов, доставляемых глубокими бурениями.

Равнины, покатые в одну сторону, в подавляющем большинстве случаев представляют образования аккумулятивные.

Равнину, сложенную неритовыми и прибрежными морскими осадками, покоящимися на срезанных под один уровень коренных породах, мы можем назвать *абразионной равниной*.

Если морские отложения покоятся на волнистой поверхности коренных пород, сохранивших ясные признаки континентального размыва и выветривания (следы долин с сохранившимися в них остатками аллювия, древней коры выветривания или вообще остатками континентальных толщ под морскими слоями), — мы можем сделать заключение о том, что данная равнина пережила длительный период *континентальной денудации*, перед тем как покрывалась морем.

Если морские слои многократно переслаиваются с континентальными, то очевидно, данный участок суши испытывал многократные вертикальные подъемы и опускания, при которых он то заливался морем, то превращался в сушу.

Если слагающие равнину толщи слоев горизонтальны и представлены исключительно пресноводными и континентальными отложениями, которые достигают большой мощности, то такие образования представляют типичные континентально-аккумулятивные равнины, образовавшиеся на участках литосферы, испытавших длительное медленное опускание. Весьма типичным примером такой равнины может служить Индо-Гангская равнина, сложенная наносами, достигающими колоссальной мощности.

Для состава отложений, слагающих такие равнины, характерно присутствие в них на разных горизонтах прослоев грубых, хорошо окатанных галечников и конгломератов, диагонально-слоистых песков и илов, нередко с остатками наземных животных и растений, а в особенности прослоев торфа, т. е. в общем таких отложений, которые могли образоваться первоначально только на поверхности суши, а затем очутиться на большой глубине только вследствие опускания поверхности литосферы.

Что касается характера этого опускания, то в разных случаях оно могло быть вызвано различными причинами. Верхне-Рейнская равнина, как мы видели, возникла на месте типичного сброса (грабена). Равнины Индо-Гангская и реки По образовались на месте мощных вертикальных опусканий, связанных с горообразовательными процессами в тех горных цепях, к которым они прилегают (Гималаи, Альпы). Такова же по своему происхождению Предкавказская (Прикубанская) равнина. Муганская степь (по южной стороне Кавказа) располагается на месте мощного продольного сброса.

Если равнина слагается не очень мощными аллювиально-континентальными отложениями, залегающими на коренных породах, и если при этом сама по себе равнина приурочена к определенной речной артерии, то это указывает на ее эрозионное происхождение. Таковы, вероятно, обширные равнины вдоль некоторых южно-американских рек (Ориноко, Параны и др.).

Чисто аллювиально-аккумулятивное происхождение приходится приписывать равнинам, располагающимся на месте обширных дельт больших рек (Нигера, Нила, Миссисипи, Лены и др.).

В том случае, когда равнина обладает депрессией (орографической), располагающейся где-нибудь внутри нее, причем последняя заполнена толщей перемежающихся озерно-речных и субэриальных отложений (мергели, или гипсоносные слои, пески, галечники и пр.), между тем как периферические зоны расчленены долинами, направляющимися к центру, — мы имеем типичный пример вогнутой равнины, эволюционировавшей при условиях климата пустынного или полупустынного (многочисленные примеры имеются во внутренних частях всех континентов).

Наконец, равнины с волнистой поверхностью, сложенные континентальными отложениями, покрывающими толщи горных пород, обладающие сложным геологическим строением (следовательно, отличающиеся полным несоответствием геологической структуры с топографической поверхностью самой равнины), должны быть отнесены к типу пенеплена (почти-равнин). Они могли образоваться только путем полной денудации, почти до уровня базиса эрозии, возвышенных горных стран, обладавших более или менее сложным геологическим строением (примером могут служить некоторые части Казахской степи и восточного склона Урала).

### Ископаемые равнины.

В отложениях различных геологических эпох мы находим толщи осадков, достигающие нередко громадной мощности, харак-

тер которых, как это показал А. Пенк путем тщательного анализа их, с большой убедительностью свидетельствует, что мы имеем перед собой континентальные образования, возникшие на равнинах обширного протяжения, и притом равнинах, орошавшихся многоводными речными артериями. Такие отложения известны уже в докембрии Швеции, а затем мы находим их почти во всех более молодых геологических системах. Прекрасным примером их могут служить: так называемый древний красный песчаник Великобритании, достигающий 3000—6000 м мощности; нижнепалеозойские (кембрийские) красноцветные толщи Южного Уэльса мощностью до 7600 м; докембрийские красные песчаники (*дала*) Швеции и подобные им, того же возраста красные песчаники (*торридонские*) Шотландии мощностью до 3000 м; образования, известные в Южной Африке под названием формации *карру* (*Karooformation*); *гондванские* отложения в Индии; триасовый *пестрый песчаник* и *кейпер* в Германии; *красные мезозойские песчаники*, весьма широко распространенные внутри континентов южного полушария. Сюда же, по видимому, следует отнести слои *лярами* (меловые) западных штатов Северной Америки, известные по многочисленным находкам в них остатков динозавров, и покрывающие их колоссальной мощности эоценовые слои, содержащие богатую ископаемую фауну млекопитающих, а затем известные *свалликские* слои в северной Индии у южной подошвы Гималаев и пр.<sup>1</sup>

Отличительными признаками всех этих отложений А. Пенк считает следующие: преобладающая красная окраска, нередко следы ряби, отпечатки следов различных наземных животных, иногда следы дождевых капель, трещины высыхания, переслаивание конгломератов, сплошь и рядом состоящих из хорошо окатанных валунов, с песчаниками, глинистыми породами и мергелями, причем в песчаниках весьма нередко наблюдается диагональная слоистость, прослой каменных углей или углистых сланцев, а местами более или менее мощные пласты соли и гипса; остатками ископаемых организмов эти отложения большей частью бедны, а зачастую и вовсе не содержат никакого палеонтологического материала. Чаще всего в них встречаются остатки наземных растений, погребенных большей частью *in situ*, кости сухопутных животных (ящеров, млекопитающих), *рыб* — двоякодышащих и ганонидных. Все эти признаки и ряд других приводят к заключению, что мы имеем перед собой континентальные отложения, отлагавшиеся на равнинах, главным образом, при участии водных потоков периодически производивших громадные разливы и наводнения; к этим преобладающим речным (аллювиальным) отложениям применяются озерные и эоловые осадки.

Таким образом, эти образования дают нам возможность реконструировать существование обширных аллювиальных равнин

<sup>1</sup> Такие же образования распространены и в пределах СССР, например, по верхнему течению Енисея, в Минусинском крае, где красноцветные девонские песчаники достигают мощности в несколько тысяч метров, и в других местах.

в прежние геологические эпохи в тех или иных местностях. То обстоятельство, что они нередко переслаиваются со слоями, содержащими морскую фауну, можно проще всего объяснить, допустив наличие условий, напоминающих существующие в настоящее время в Прикаспийской низменности, т. е. вогнутых равнин, с замкнутыми солеными бассейнами в центре. При сравнительно незначительных даже подъемах уровня эти водные соленые бассейны, содержащие морскую фауну, могут перекрывать своими осадками на громадных пространствах аллювиальные отложения примыкающих к ним равнин, а при последующих понижениях уровня отложенные ими слои с морской фауной вновь будут перекрыты аллювиальными толщами. Такого же рода перемежаемость континентальных, в частности аллювиальных слоев с морскими возможна вообще всюду, где полого наклоненные к морю, заносимые континентальным и аллювиальным материалом равнины прилегают к морскому побережью.

Вальтер в своей известной книге, посвященной законам образования пустынь, высказался в пользу того, что данные отложения по многим своим признакам так напоминают образующиеся и теперь в пустынях осадки, что их следовало бы с наибольшей степенью вероятия рассматривать, как отложения древних пустынных стран. В последнее время некоторые исследователи, однако, возвращаются к взглядам А. Пенка, считая, что в массе своей эти отложения представляют продукты накопления аллювиального материала на равнинах, окаймлявших высокие горные страны, вероятно, подвергавшиеся в то время значительному оледенению. Действительно, далеко не всегда в разбираемых здесь осадках мы можем с полной несомненностью установить характерные литологические признаки настоящих пустынных отложений. Но далеко не всем из них можно также вполне безошибочно приписывать и исключительно водно-аллювиальное происхождение. В большинстве случаев они, повидимому, представляют осадки смешанного происхождения — аллювиального, частью озерного, эолового или силевого.

Несомненно только, что они отлагались на обширных ровных пространствах, зачастую на прибрежно-морских равнинах, чем и объясняется нередко наблюдаемое чередование континентальных слоев с морскими. Громадная мощность их и большое участие, какое принимают в их составе грубо-кластические материалы, свидетельствуют об энергичной эрозии обширно развитыми системами речных артерий прилегавших к этим равнинам стран, и следовательно о достаточно богатом осадками климатическом режиме. Присутствие ледников в прилегающих возвышенных странах не является, с нашей точки зрения, необходимым условием для их образования.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О НЕКОТОРЫХ ФОРМАХ  
МИКРОРЕЛЬЕФА.**

Выше был перечислен ряд микроформ, встречающихся в равнинных областях. Многие из них наблюдаются также и среди других типов морфологического ландшафта (прирусловые валы, западины, блюдца, полигональные грунты, эрратические валуны и пр.), и чтобы не возвращаться к ней снова впоследствии, мы здесь несколько подробнее остановимся на некоторых из них, заслуживающих специального внимания.

*Западины, блюдца* представляют большей частью незначительные, но иногда достигающие и более крупных размеров мелкие плоские углубления в почве, округлых и овальных очертаний. Они могут возникать или в результате суффозионных и карстовых явлений (во всех областях развития гипсов или известняков), или вследствие почвообразовательных процессов (например, оподзоливания), или неравномерного оседания почвы при оттаивании подземных слоев льда или мерзлых грунтов (как это описано А. А. Григорьевым для Якутии, и как это наблюдается во многих областях древнеледникового моренного ландшафта, где в моренном материале сохранились толщи ископаемого мертвого льда), или, наконец, в результате ветровой дефляции в сухих странах. Для большинства этих образований характерна тенденция к постепенному разрастанию, так что от тех западин, которые можно относить к микроформам, получают переходы к мезоформам и к более крупным образованиям, представляющим уже настоящие впадины. В зависимости от климатических и почвенных условий последние нередко превращаются в озера.

*Каменные многоугольники* (полигональные, структурные, фигурные грунты) — эти весьма характерные образования свойственны исключительно полярным странам или альпийским зонам высокогорных областей, где на той или иной глубине присутствует вечная мерзлота. Типичные каменные полигоны могут развиваться только на ровных пространствах (рис. 68).

В местах их распространения поверхность земли представляется разбитой на множество неправильно округлых или чаще многоугольных (шестиугольных или пятиугольных) площадок, в общем образующих как бы сеть, отдельные петли которой имеют в диа-

метре от нескольких сантиметров до 2 м и более. Центральные части петель состоят из более мелкого или даже мелкозернистого материала и обыкновенно представляются в большей или меньшей степени выпуклыми; отделяющие их от соседних петель бордюры имеют вид валов, состоящих из скоплений угловатых каменных обломков различной величины. Внутри больших петель иногда наблюдаются более мелкие петли второго порядка, окруженные валиками из более мелких камешков, а внутри этих петель второго порядка — петли третьего порядка. От этой типичной формы наблюдаются различного рода отклонения и вариации: например,

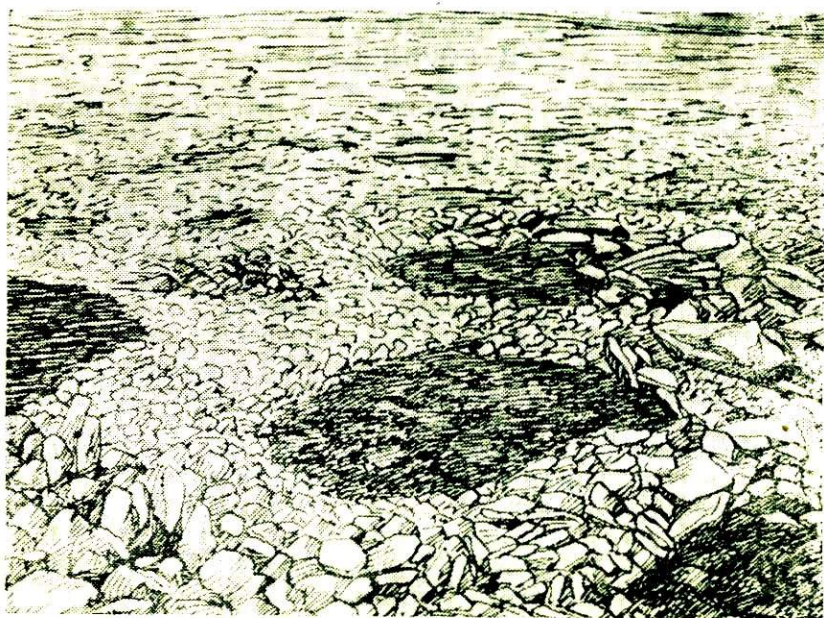


Рис. 68. Каменные многоугольники в тундре, Шпицберген (по Хейбому).

обширные каменные поля с разбросанными среди них пятнами или как бы островами более мелкого щебневого или мелкоземистого материала, каменные петли, в которых центральная часть занята плосколежащими, а периферическая (бордюры) — поставленными на ребро глыбами камней и пр. (рис. 69).

Некоторые авторы относят к той же категории наблюдающиеся в арктических странах полосы или ленты камней на горных склонах, равно как растрескавшиеся на многоугольные отдельные мелкоземистые почвы. Но эти образования генетически отличны от настоящих каменных многоугольников. Что касается последних, то Гладцин, посвятивший этим формам ряд специальных работ, предлагал раньше среди них различать три категории:

- 1) *Землистые островки* среди камней.
- 2) *Каменные многоугольники* (кольца).

3) Поля каменных многоугольников и полос (сети).

В особую категорию автор выделяет *ячеистые почвы*.

Эта классификация в общих чертах совпадает с классификацией, предложенной раньше Хёгбомом.

Процессы образования каменных многоугольников не вполне еще разъяснены. Для объяснения их происхождения предлагались различные теории, хотя почти все наблюдатели согласны между



Рис. 69. Каменный полигон, Хибинь.

собой в том, что каменные полигоны являются следствием постепенной сортировки материала на крупный каменный и мелкоземистый под влиянием попеременного оттаивания и замерзания лежащего на слое вечной мерзлоты рыхлого слоя грунта, состоящего из смеси мелкозема (глины или песчанистой глины) и каменных обломков. Относительно деталей этого процесса и побочных обстоятельств, ускоряющих его, мнения расходятся. Нансен придает большое значение неравномерному таянию снежного покрова, выпавшего на более или менее ровной поверхности, усеянной каменными обломками. Во впадинах снег задерживается дольше, процессы выветривания и распада камней — сначала на мелкие обломки, а затем и на мелкозем — здесь идут быстрее, чем на местах, ранее освобождающихся от снега. Таким образом,

на площади поля возникает ряд понижений, выполненных более мелким материалом, чем окружающие их пространства. Эти пятна, при постепенном оттаивании и замерзании, сжимаясь и расширяясь, мало-помалу сдвигают в сторону крупные камни и таким путем постепенно приводят к возникновению сетей каменных многоугольников. Хёгбом главное значение придает этому последнему процессу. По его представлениям, на всяком участке земли, покрытом смешанным материалом, мы будем иметь места, в которых мелкоземистые ингредиенты скапливаются в большем количестве, чем в других. Именно в таких местах влага будет накапливаться в почве в большей массе (вследствие большей влагоемкости мелкозема), поэтому при замерзании такие участки будут сильнее расширяться и отодвигать в сторону окружающие их камни. Соседние пятна, расширяясь указанным путем, в конце концов, сблизятся своими краями и сгрудят окружающие их обломки в валы, разделяющие рядом лежащие понижения.

Гладцин придает большое значение тому, что при замерзании «весь эффект расширения концентрируется на мелкоземе, и он постепенно выпирается наверх между камнями» и «благодаря этому кучка мелкозема растет, раздвигая камни вокруг себя». Кроме того, этот исследователь придает большое значение выпиранию наверх камешков ледяными стебельками, вырастающими в почве в морозные ночи. Вырастая «нормально к поверхности», они «приподнимают на себе как мелкую гальку, так и крупные валуны. При оттаивании галька упадет не на прежнее место, а ниже по уклону. Таким образом, и крупные камни, если не поднимаются, то спихиваются стебельками вниз по покатости». Автор образно сравнивает эти вырастающие на глинистом субстрате каждую морозную ночь и погибающие при первых солнечных лучах ледяные стебельки с «осенней ледяной травой, медленно, но неуклонно делающей свое дело».

Другие исследователи обращают внимание на возможную роль в образовании полигональных грунтов неравномерного стаявания снегового покрова не только сверху, но и снизу, или же привлекают к объяснению их происхождения совокупность явлений, отмеченных выше, полагая, что только таким путем возможно объяснить и различные стороны формирования каменных многоугольников и различные типы последних.

Некоторые ученые придают существенное значение процессам набухания мелкозема при попеременном оттаивании и замораживании, а также происходящему при этом вымораживанию (выпиранию) камней из глубины грунтов на поверхность. Подсобную роль в этих процессах могут и, повидимому, в действительности играют явления «присасывания» воды из более глубоких горизонтов грунта при замерзании поверхностных слоев, а также изменения объема коллоидального материала в почвенных слоях и частично процессы солифлюкции. Таких взглядов держится Штехе. В последней своей работе И. Н. Гладцин предлагает такую классификацию этих образований:

1. Полигоны из крупных камней; середина сложена щебнем. Мелкозем отсутствует.

2. Отдельные землястые лепешки или полосы среди камней; камни не образуют рамки; мелкозем в небольшом количестве.

3. Зачаточные полигоны. Подобны предыдущим, но камни уже группируются в неотчетливые кольца. Мелкозем в достаточном количестве.

4. Хорошо оформленные полигоны с землей серединой и бордюром из камней. Мелкозем в достаточном количестве.

5. Каменные сети — скопление форм 4 на ровных площадях, иногда с полосами по окранным.

6. Вымороженные (не вдавленные) крупные камни среди мелкого материала (песчанистого), образующиеся, повидимому, при значительном избытке мелкозема.

7. Каменные полосы на наклонных площадях.

8. Мелкая бороздчатость на песках.

9. Мелкая террасированность на склонах.

10. Трещинные полигоны, как последующая стадия развития форм 4.

11. Ячеистая почва-однородная, разбитая трещинами сжатия.

12. Тундровые полигоны (таймырские), образовавшиеся при участии наледей.

Надо заметить, что эту классификацию можно было бы упростить, соединив формы 1, 3, и 4, а также 7, 8 и 9. Кроме того, так называемые таймырские полигоны по своему происхождению вероятно одинаковы с описываемыми ниже тетрагональными грунтами А. И. Гусева (см. стр. 175), и едва ли их следует непременно связывать с явлениями наледей.

Большинство авторов, описывавших каменные многоугольники, параллельно с этим уделяло также внимание и происхождению так называемых *ячеистых почв*. Но это явление несколько иного порядка, и о нем мы скажем особо ниже.

Ввиду того, что далеко еще не все детали процесса образования каменных и вообще *полигональных грунтов* выяснены с достаточной полнотой, Гладцин предложил программу для исследования полигонов, положив в ее основу намеченные Хексли и Одделем задания, но значительно дополнив и расширив их.

Мы считаем здесь полезным привести эту программу в несколько сокращенном и переработанном виде.

1. Раскапывание полигонов в различные моменты их жизни с целью определения глубины залегания и характера мерзлоты, а также характера и состава слагающего их смешанного или более или менее отсортированного материала.

2. Закапывание в полигоны на различную глубину камней различного размера, шестиков и палочек для выяснения дифференциального переноса материала и бокового давления.

3. Точное выяснение связи между полигонами и всеми деталями рельефа пространств, на которых они наблюдаются.

4. Стационарные или повторные многолетние наблюдения над полигонами.

5. Опыты по искусственной закладке в полярных областях материала, из которого могли бы формироваться полигоны.

6. Закладка помеченных или крашенных камней на поверхности полигонов с целью проверки теории Хёрбома о боковом дифференциальном смещении материала.

7. Петрографический, механический и химический анализы материала (как мелкого, так и крупного), из которого построены полигоны, изучение скорости его распада под влиянием выветривания и пр.

8. Наблюдения с целью выяснения роли в образовании полигонов ледяных стебельков, скорости их роста в зависимости от субстрата, их грузоподъемной силы и т. д.

9. Закапывание в полигоны одновременно металлических и деревянных предметов для определения роли теплопроводности при выпирании.

10. Изучение, по возможности всестороннее, роли растительности в возникновении некоторых специальных форм многоугольных грунтов (см. ниже — ячеистые почвы), а также влияние растительности на преобразование уже сформировавшихся полигональных грунтов.

11. Выяснение возможного нахождения ископаемых полигонов в связи с изучением структуры древних моренных и флювиогляциальных отложений.

*Ячеистые (полигональные) почвы* возникают на грунтах, состоящих из однородного мелкоземистого материала. Почва разбивается сетью трещин на многоугольные, чаще всего шестиугольные ячейки, большей частью достигающие в диаметре всего лишь нескольких десятков сантиметров и разделяемые узкими, но довольно глубокими трещинами. Их происхождение также вызывает разногласия и остается еще в некоторых отношениях не совсем ясным. Повидимому, известную роль тут играет работа мороза в тех областях, где зимой снег сдувается сильными ветрами с глинистой почвы, хотя возможно, что первоначальный толчок их возникновению дают образующиеся в сухое время года трещины усыхания. Эти трещины заполняются весной талыми водами, которые при замерзании способствуют их расширению. В то же время процессы попеременного замерзания и оттаивания впоследствии способствуют более резкому отграничению отдельных ячеек друг от друга, а вместе с тем центральные части их приобретают выпуклую форму. Последнее явление некоторые авторы склонны объяснить напором снизу расширяющегося при замерзании мелкоземистого, пропитанного водой подпочвенного слоя. Возможно, впрочем, что некоторую роль тут играет и боковое давление льда, образующегося при замерзании талой воды, заполняющей трещины между полигонами.

Особую разновидность таких ячеистых почв представляют *пятнистые тундры* — явление, пользующееся в арктических странах значительным распространением; у нас оно известно в Анадырском крае, в низовьях Енисея, на Таймыре, на полярном Урале, на Тимане и пр. Они называются также весьма метко (по предположению Д р а н и ц ы н а) «медальонными тундрами». Пятнистые тундры представляют чередование сравнительно небольших многоугольных или округлых участков диаметром в 1—2, иногда в 3—4 м, совершенно лишенных или почти лишенных растительности, с заросшими участками. Переход от первых ко вторым совершается или внезапно, так что голые пятна резко отграничиваются от растительного покрова, окружающего их в виде валика, или же переход совершается постепенно. Центральные части пятен бывают или выпуклыми (особенно «медальоны» Д р а н и ц ы н а), или же, как это, например, описывает С о ч а в а для некоторых участков Анадырской тундры, совершенно плоскими. В одной и той же тундре в различных ее частях могут встречаться обе формы. Такое чередование оголенных и покрытых растительностью участков придает тундре мозаичный вид. По существу, как это правильно отмечает С о ч а в а, пятнистая тундра обуславливается периодическим, более или менее частым выходом на поверхность оголенных от растительности участков грунта или почвы. Сам по себе характер грунта при этом решающей роли не играет, так как пятнистая тундра развивается на суглинистых или песчаных грунтах, равно как на валунных суглинках, на суглинках с примесью щебенки, на озерных отложениях и т. д. — в условиях равнинного или более или менее пересеченного рельефа, на склонах, в плакорных условиях и пр.

Для объяснения происхождения пятнистых тундр различными исследователями предлагались различные теории. По Горюшкову, главную роль здесь играют своеобразно протекающие в полярных условиях денудационные процессы. В сильные морозы покрытый незначительным слоем снега грунт в тундре покрывается сетью трещин, разбивающих его на полигональные участки. В последних весной накапливается талая вода, которая при замерзании постепенно расширяет трещины и, сохраняясь в них до лета, предохраняет трещины от запыления. Впоследствии, после стаяния заполняющей трещины ледяной массы, края трещин осыпаются, они превращаются поэтому в ложбинки, и таким путем постепенно и образуется кочковатый микро рельеф, характеризующий глинистые тундры. Зимой образовавшиеся ложбинки служат местом накопления снега, между тем как выпуклые центральные части их подвергаются денудации снегом, гонимым ветрами, вследствие чего здесь уничтожается растительность. С наступлением весны голые пятна быстрее всего оттаивают и расплываются. Когда наступают осенние морозы, то влажные участки пятен могут выпячиваться и растрескиваться под влиянием расширения замерзающего субстрата (подпочвы). Вот почему Горюшков считал, что в песчанистых грунтах «растрескивание и выпячивание почти не наблюдается».



Рис. 70. Северный Хараулах. Медальонная тундра.

Сукачев приписывал происхождение пятен в тундрах влиянию на поверхность почвы (пльвуны), насыщенной влагой, под влиянием расширения при замерзании; таким образом, каждое пятно является как бы местом «извержения» пльвунного, грязевого материала. Денудационным процессам, процессам выветривания, он не придавал значения в процессе образования пятен.

Решающую роль в генезисе пятнистых («медальонных») тундр приписывает растительному покрову Драницы и в особенности Сочава. Но в деталях оба только что названных автора сильно расходятся между собой. Драницы, подчеркивавший медленный рост пятен и придававший большое значение в их генезисе неравномерному составу растительного покрова тундр, самое образование пятен связывал с передвижением и попеременным оттаиванием и замерзанием почвенных растворов, след-

ствием чего является образование трещин, затем постепенно разрастающихся в пятна.

Сочава подходит к объяснению того же явления совершенно иначе. Справедливо подчеркивая, что процесс образования пятнистых («медальонных») тундр не имеет ничего общего с образованием описанных выше полигональных грунтов (на что уже раньше указывал Сукачев). Сочава, после рассмотрения условий образования пятнистой тундры в Анадырском крае, приходит к заключению, что «пятнистые тундры являются неизбежной стадией в эволюции растительного и почвенного покровов тундр, обусловленной превалярованием в арктической появе физических процессов над химическими, с одной стороны, и близким уровнем мерзлоты — с другой». В представлении автора, тундра — «явление географическое, но понятие геоботаническое»; причем в этом понятии существенную роль автор придает процессу торфообразования, происходящему лишь в результате низкой температуры в условиях оптимального или недостаточного увлажнения. «Торфообразование, — говорит Сочава, — является неотъемлемой особенностью тундрового почвообразования, но так как этот процесс в Арктике имеет близкий предел, то все тундры делятся на две большие группы: 1) тундры, в которых процесс торфообразования *прогрессирует*, и 2) тундры, в которых он *регрессирует*, т. е. торфянистый горизонт денудруется.

Деградацию торфянистых почвенных горизонтов автор и признает одной из причин образования пятнистых тундр. Частичная деградация часто бывает связана с незначительным усыханием почвы, которое, впрочем, вовсе не свидетельствует о каком-либо общем усыхании края. В пораженных точках грунт постепенно денудруется, мало-помалу процесс этот распространяется в сторону, а в то же время под оголенным участком минеральный подпочвенный горизонт в периоды промерзания в силу расширения обуславливает вспучивание пятна. Это вспучивание в свою очередь будет способствовать ускорению процесса денудации торфянистых почвенных горизонтов и выпиранию на поверхность подпочвенных минеральных грунтов. Таким путем точка, в которой начался процесс деградации торфянистой почвы, постепенно превращается в окружность. Когда же пятно окончательно сформируется, процесс выпирания грунта естественным путем замедляется и, наконец, прекращается совершенно, «потому что пористая масса, составляющая пятно..., может принять значительный избыток влаги без изменения объема или изменяя его при замерзании очень незначительно».

Предлагаемое Сочавой объяснение является, в сущности, комбинированием денудационной теории Городкова с теорией Сукачева о вспучивании грунтов под влиянием замерзания, принятой со значительными поправками и дополнениями. Несомненно, в ней есть заслуживающие внимания мысли и соображения, как несомненно и то, что некоторые стороны этого сложного явления были правильно подмечены Городковым и еще раньше Сукачевым. Во всяком случае, генезис пятнистых

тундр требует для полного своего разъяснения дополнительных наблюдений. Важно, однако, еще раз подчеркнуть, что он существенно отличен от генезиса полигональных каменистых грунтов.

### Тетрагональные грунты.

Своеобразные тетрагональные грунты описаны из различных мест арктической тундры А. И. Гусевым, который имел случай ближе изучить их в Северном Хараулахе и в хребте Быранга (на Таймыре). Почва разбита на четырехугольники системой почти прямолинейных пересекающихся друг с другом под прямыми углами валиков, в общей совокупности дающих поразительный, по своей геометрической правильности узор, несколько напоминающий узор шахматной доски. Вдоль валиков посредине тянется трещина, глубиною до 1 м, с отвесными боками, в которых виден торф, несущий следы разрыва. Ширина валиков 2—3 м, высота над поверхностью внутренней части полигона 0,50—0,75 м. Размеры четырехугольников колеблются, достигая до 25 × 40 м. Дно четырехугольника бывает или ровным или занято озерком (следовательно несколько вогнуто).

Такого рода тетрагональные грунты наблюдались и другими исследователями в Арктике (на Таймыре, на Ямал и др.), но всегда в широтах не южнее 72° с. ш. Они развиваются только на вечномёрзлых грунтах в районах, где зимние температуры достаточно низки и где грунты обладают определенным однородным механическим составом (без примеси гальки и каменистой щебенки), заболочены и характеризуются преобладанием торфяниковых горизонтов над землястыми осадками. Дальнейшими благоприятными и даже необходимыми условиями для их образования являются безлесность тундры и ее почти идеально ровная поверхность. Последнее условие осуществляется в природе обычно на недавно сформировавшихся террасах, где они обычно и наблюдаются.

Развиваются тетрагональные грунты на террасах вдоль края бровки или уреза воды открытого водоема и на некотором расстоянии вглубь тундры от последнего, что может дать известное указание на причину их происхождения. По краю бровки террасы или водоема возникают в сильные холода морозобойные трещины, более широкие наверху и суживающиеся книзу, естественно идущие нормально (перпендикулярно) к краю обрыва. Проникающая в них вода, замерзая, действует как клин, обращенный острием вниз. Он раздвигает трещину, выпирая кверху края ее и способствуя образованию валиков. Трещины, идущие вдоль валиков, в свою очередь являются местами (линиями), вдоль которых таким же путем возникают перпендикулярные к их краю новые трещины, дающие начало новым валикам. Так возникают взаимно перекрещивающиеся под прямым углом системы валиков и разделяющих их посредине трещин, разбивающие тундру на тетрагоны.

При отсутствии ровного рельефа и обрыва (бровки террасы или крутого берега водоема) правильность расположения возникающих морозобойных трещин нарушается, и тундра тогда разбивается на менее правильные полигоны. Зависимость направления

трещин и валиков от направления бровки террасы или края водоема хорошо иллюстрируется приводимым А. И. Гусевым чертежом, изображающим расположение тетрагональных грунтов на поверхности второй террасы в излучине р. Корулах-Бигай и хребта Бырранга, где отчетливо выступает нормальное к бровке террасы расположение одной системы трещин и валиков и параллельное — второй (рис. 71) <sup>1</sup>.

Совершенно отличны по своему происхождению полигональные грунты, наблюдаемые в пустынных странах, а иногда и на

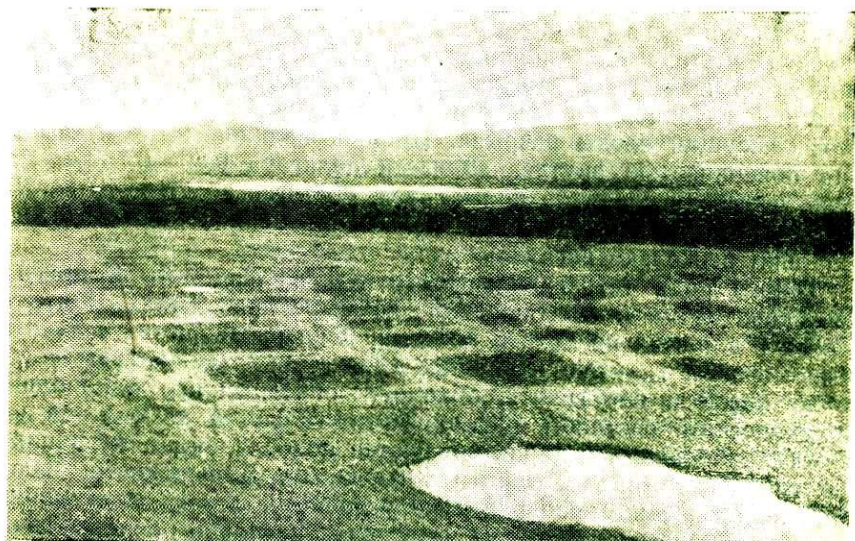


Рис. 71. Тетрагональные грунты района бухты Тикси *Фото А. И. Гусева*

плоских побережьях морей в условиях жаркого климата, разбитые сложным переплетом трещин на небольшие многоугольные участки. Они возникают под влиянием быстрого усыхания, большей частью под действием прямой инсоляции, влажных глинистых или вообще мелкоземистых грунтов, нередко в большей или меньшей степени засоленных.

Образующиеся при этом трещины, достигающие иногда глубины 20—30 см, разбивают грунт на многоугольники, отличающиеся от полигонов полярных областей своими резкими очертаниями и главным образом тем, что внутренние части их вогнуты, а края несколько приподняты. В наиболее типичной форме такие многоугольные грунты наблюдаются особенно на дне такыров, которые описывались выше.

<sup>1</sup> А. И. Гусев. Тетрагональные грунты в арктической тундре. Изв. Гос. Геогр. О-ва, 1938, вып. 3, стр. 377—385.

## ХОЛМЫ И ХОЛМИСТЫЙ РЕЛЬЕФ.

## Общие замечания.

Геоморфологический ландшафт, характеризующийся частым чередованием повышенных и пониженных участков, носит название *холмистого или гористого*. Холмистого в том случае, если разница в относительных высотах держится в скромных пределах, не превышающих примерно 200 м; гористого — если эти колебания гораздо более значительны. Для гористого рельефа характерно, кроме того, почти всегда наличие хорошо развитой, более или менее густой сети глубоких долин. В холмистом ландшафте долины, наоборот, часто играют подчиненную роль. Впрочем, граница между гористым и холмистым рельефами, само собой разумеется, далеко не всегда может быть проведена вполне строго, равно как трудно провести вполне отчетливую границу между понятиями «гора» и «холм».

«Гора» и «холм» представляют понятия относительные: то, что в одной местности жители называют «горой» (например, Поклонная гора в Ленинграде) с точки зрения жителя другой страны представляет лишь небольшой холм. И наоборот: в некоторых странах холмами обозначают довольно крупные возвышенности (в Шотландии, Англии, Индии и пр.).

Условимся называть *холмами* небольшие возвышения (ниже 200 м относительной высоты), большей частью мягко очерченные, с нерезко ограниченными подошвами, в подавляющем большинстве случаев сложенные рыхлыми геологическими образованиями. Если эти возвышения сужены и вытянуты в длину, они носят на русском языке наименования *грив*, или *гряд*. Если очертания их представляются как бы приплюснутыми, волнистыми, их называют иногда *увалами*.

О пространствах, усеянных большим числом подобных возвышений, говорят, что они имеют холмистый, грядовой, грядово-холмистый или увалистый рельеф. От волнистой равнины такой рельеф отличается только тем, что повышенные участки здесь многочисленнее, теснее придвинуты друг к другу, между тем как собственно равнинные пространства отступают на второй план. Впрочем, иногда бывает почти невозможно провести границу между холмистой (увалистой) страной и волнистой равниной (на-

пример область так называемых Северных увалов Русской равнины).

На русском языке области, характеризующиеся развитием возвышенностей, представляющих переход от холмов к настоящим горам, называют также часто *мелкосопочником*. Мелкосопочник обычно бывает эрозионного происхождения.

Мы остановимся здесь сначала на характеристике различных видов холмистого рельефа.

В холмистых странах наиболее характерные черты морфологии определяются именно очертаниями положительных форм рельефа: очертания, размеры и общий облик впадин, разделяющих эти повышенные участки страны, зависят от формы последних. Сеть долин, как уже говорилось, развита слабо и несет на себе печать неправильного и примитивного ветвления. Часто при этом вся картина гидрографической сети обнаруживает ясную зависимость от группировки положительных форм поверхности страны.

В связи с отмеченными особенностями стоит то, что в отличие от большинства равнин холмистые страны не обладают общим наклоном поверхности в одну сторону и многие из них поэтому изобилуют озерными водоемами, то соединяющимися между собой протоками, то бессточными. Поэтому дренажная сеть сплошь и рядом представляет чередование озер и соединяющих их протоков, что придает ей крайнюю сложность и извилистость (пример: южная Финляндия).

По происхождению различают: *аккумулятивный* и *эрозионный холмистые рельефы*.

Аккумулятивный (насаженный) холмистый рельеф может быть в свою очередь создан деятельностью: 1) ледников, 2) эоловых агентов, 3) проточных вод (особенно вытекающих из ледников), 4) вулканических извержений, 5) грязевых сопков и гейзеров, 6) элювиальных и делювиальных процессов и, наконец, 7) биосферы (деятельностью, главным образом, животных организмов).

Эрозионный холмистый рельеф часто бывает обязан своим происхождением воздействию ледников на страну, предварительно подвергшуюся расчленению проточными водами.

Здесь мы сосредоточим главное внимание на холмистых странах: *древнеледниковых* и тесно с ними связанных *флювиогляциальных*, затем *эоловых* и *вулканических*. Роль остальных типов в определении геоморфологии суши является подчиненной.

### **Древнеледниковый холмистый рельеф.**

\* Страны, испытавшие в геологическом прошлом длительное покрытие ледниками, обычно после своего освобождения от ледников оказываются усеченными множеством холмов различных размеров и форм. Такой же холмистый рельеф часто наблюдается в периферических (перигляциальных) зонах многих из современных ледников.

Древнеледниковые холмистые накопления, к которым мы будем относить здесь и обязанные своим происхождением леднико-

вым водам, могут быть насажены на равнинное основание; тогда они обуславливают собой основные черты морфологии обширных пространств (рис. 72). Или же они появляются в качестве вторичных образований в пределах долин или на горных склонах; в таком случае они играют роль элементов, подчиненных другому ландшафту (горному или долинному).

Среди древнеледниковых аккумулятивных образований выделяют:

- 1) основной моренный ландшафт;
- 2) конечно-моренный ландшафт;
- 3) образования смешанного водно-ледникового происхождения (бзовые, камовые, зандровые).

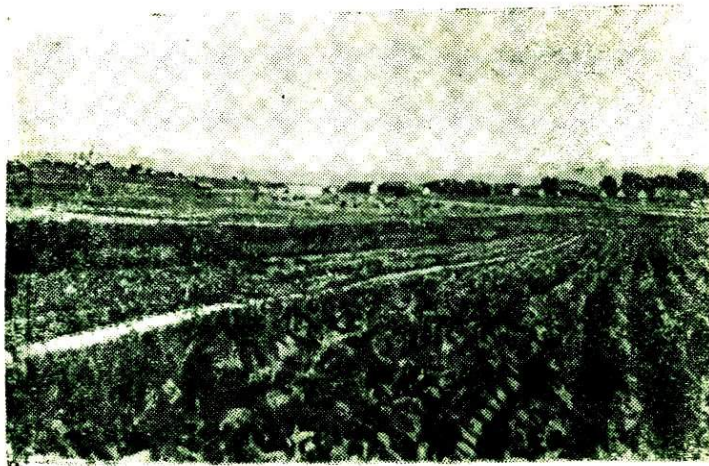


Рис. 72. Аккумулятивный позднеледниковый ландшафт к юго-востоку от озера Неро (по Шпрейцеру).

Типичный *основной моренный ландшафт* в большинстве случаев характеризуется крайне беспокойным, неправильным рельефом. Холмы различных очертаний и высот чередуются в беспорядке с понижениями грунта столь же неправильной формы (рис. 73). Эратические валуны различного петрографического состава и различной величины часто усеивают как холмы, так и понижения между ними, обуславливая характерные черты микрорельефа. Мелкоземистый материал, слагающий грунты, большей частью глинистый и песчано-глинистый, водонепроницаемый или слабо водопроницаемый. Поэтому в депрессиях между холмами легко накапливаются стоячие воды. Обилие озер, болот и мочажин составляет типичную принадлежность основного моренного ландшафта. При этом более крупные озера имеют обычно весьма извилистую береговую линию, изобилуют заливами, бухтами, островами. Наряду с этим в некоторых областях часто встречаются небольшие мелкие озера округлой или овальной формы, носящие в Германии название *пфулей* (*Pföhle*), или *селлей* (*Sölle*).

Происхождение последнего типа озерков приписывается или выдалбливающей деятельности водных потоков, ниспадающих с края (фронта) ледника при его отступании (эвразийская теория Гейнца), или же, что правильнее, медленному стайванию погребенных кусков льда, отчленившихся от главной массы ледника при его отступании, и связанному с этим стайванием оседанию покрывавшего лед рыхлого материала.

В связи с обилием стоячих водоемов в пределах основного моренного ландшафта весьма распространены явления заноса и зарастания озер, их заболачивания и заторфования. Параллельно с этим идет понижение холмистых возвышенностей вследствие денудации. По этой причине общая тенденция эволюции рельефа

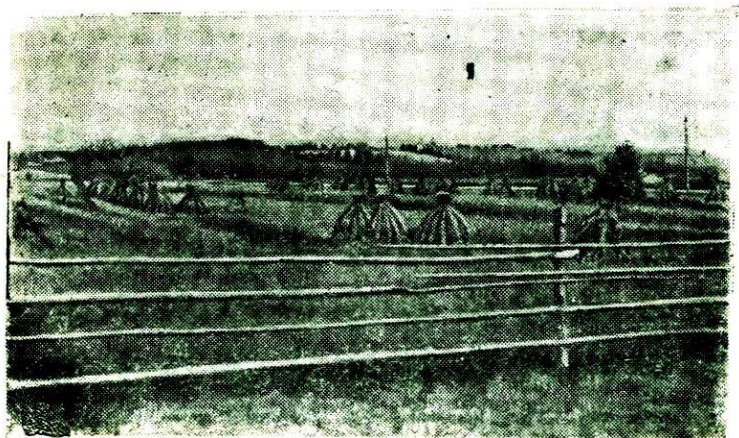


Рис. 73. Конечно-моренные гряды у Троицы. Вид с севера от Катога. На переднем плане пойма и терраса (по Шпрейцеру).

моренного холмистого ландшафта направлена в сторону его постепенного уполаживания. Эрозийные процессы в собственном смысле этого слова в его развитии играют подчиненную роль.

Разновидность основного моренного ландшафта представляет так называемый *друмлиновый рельеф* (рис. 74). Он характеризуется преобладанием среди положительных форм вытянутых, эллиптически очерченных в плане холмов умеренной высоты (порядка десятков метров), достигающих в длину иногда нескольких сот метров. Холмы эти сложены материалом донной морены, нередко с примесью флювиогляциального. Часто они содержат в своем ядре выходы коренных пород. Обычно такие холмы, носящие название *друмлинов*, усеивают десятками и сотнями площади древнеледниковых языковых бассейнов. Своими длинными осями друмлины вытянуты по направлению движения того ледника, которому они обязаны своим происхождением (рис. 75). Расположение их таково, что в плане получается картина общей радиально-лучистой группировки друмлинов, наглядно воспроизводящей картину линий те-

чения ледника в области языкового бассейна. Типичные примеры друмлиновых образований имеем в классической области Вюрмского озера в южной Баварии. Эберль считает, что друмлины представляют нагромождения моренного и флювиогляциального материалов, получившие свою окончательную форму под влиянием двигавшегося через них ледника.

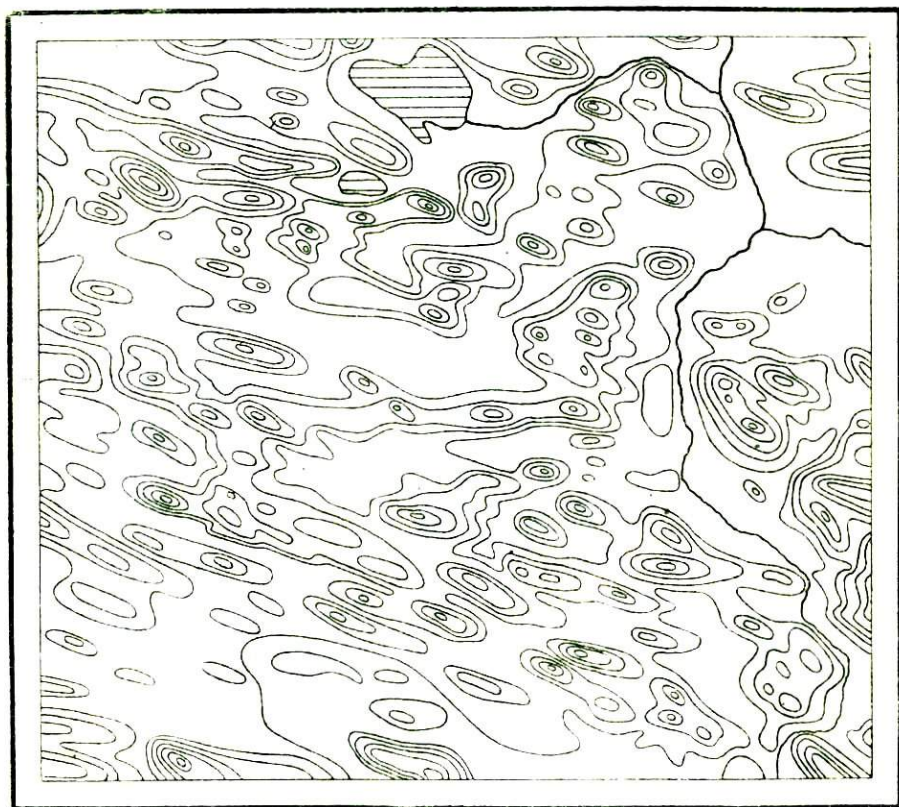


Рис. 74. Местность, усеянная друмлинами, в штате Висконсин (США).

Известные вариации в основной моренный ландшафт вносят озы, если они встречаются спорадически. *Озами* называются грядкообразные возвышенности, состоящие из накоплений смешанного водно-ледникового материала, имеющие форму узких, длинных, симметричных в поперечном профиле валов, с уплощенным верхом и крутыми склонами, похожих на железнодорожные насыпи. Озы бывают самой различной длины — от десятков метров до десятков километров. Относительная высота озов чаще всего измеряется десятками метров или даже несколькими метрами. Длинная ось их совпадает с направлением движения ледника, создавшего их. Характерно, что в своем направлении озы почти совершенно не считаются с рельефом местности, пересекая долины и впадины

так, как это делают железнодорожные насыпи. Иногда озы распадаются по своей длине на отдельные холмы, как бы четки, названные на линию, соответствующую длинной оси оза. Эти холмы отмечают собой годовичные задержки отступающего ледника.

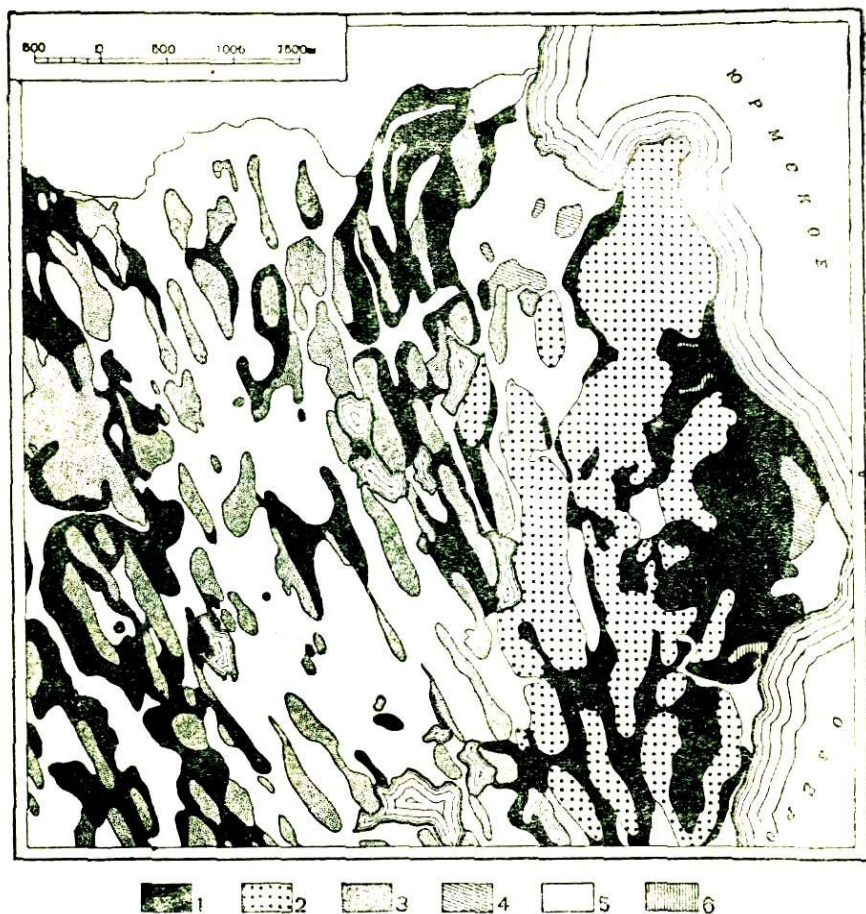


Рис. 75. Эберфинское друмлиновое поле (по Эберсу).

1 — основная морена; 2 — конечные морены; 3 — друмлины; 4 — галечники нижней террасы; 5 — аллювий и болота; 6 — третицные отложения.

Где озы многочисленнее, они своей совокупностью обуславливают переход от холмистого основного моренного ландшафта к грядовому моренному рельефу (о котором см. ниже) (рис. 76).

**Камовый ландшафт** — представляет нагромождения неправильной формы холмов, сложенных песчано-валунным материалом. Происхождение материала водно-ледниковое (смешанный моренный и флювиогляциальный). Камовые холмы возникали по краям древних ледников там, где последние испытали длительные задержки

или же, по мнению некоторых авторов, в ледниковых озерах на окраине ледника (пример: окрестности села Токсово, в 30 км от Ленинграда).

*Конечно-моренный ландшафт*, как показывает самое название, представляет рельеф, наиболее типичные особенности которого обуславливаются наличием конечных морен. Он характеризуется развитием аккумулятивных образований, имеющих форму вытянутых гряд, нередко изогнутых в плане. Наряду с такими грядами,

впрочем, весьма обычны и холмы укороченной, неправильной формы. В общем этот тип рельефа можно характеризовать как грядово-холмистый; между грядами располагаются более или менее значительные продольные депрессии. Моренные гряды часто бывают прерваны понижениями, иногда весьма широкими, занятыми одиночными холмами. Самые гряды в продольном профиле имеют весьма неправильные очертания. Относительная высота гряд и холмов подвержена сильным колебаниям. Местами (например, в области североитальянских озер по южному склону Альп) гряды конечных морен достигают в высоту 200—300 м и даже больше. В общем все отмеченные особенности придают конечно-моренному ландшафту крайне прихотливый, несложный вид. Гидрографическая сеть приобретает в плане часто перистый или центростремительный характер.

Главные стволы прорывают зоны конечных морен поперек, боковые идут по дугообразным депрессиям между моренными грядами (отличный пример такого расположения речных артерий дает нам область древнего Иннского ледника на северном склоне Альп). Распространение и формы озер в депрессиях, их эволюция, как и эволюция всего рельефа в целом, идут в конечно-моренном ландшафте в том же направлении, как и в основном моренном ландшафте, от которого первый отличается только большей расчлененностью и упорядоченностью в группировке своих элементов.

Примерами конечно-моренного ландшафта могут служить многие области древнего оледенения как горных стран (Альпы, Кав-



Рис. 76. Холмстадский оз. в Вестерготланде с сопутствующими годовыми зимними моренами.

каз, Алтай и др.) (рис. 77), так и равнин северной Европы и Северной Америки, покрывавшиеся в четвертичное время великим четвертичным ледником (например: Балтийская холмисто-возвышенная гряда в северной Германии, многие местности в Белоруссии; в Псковской области СССР, в южной Финляндии — известные гряды конечно-моренных образований Сальпау-

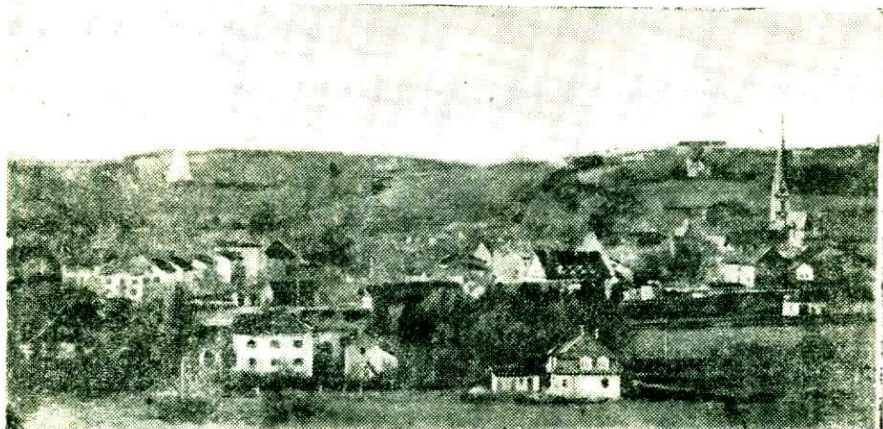


Рис. 77. Древнеледниковый моренный ландшафт, Химзее в северных Альпах.

селька, дающие классический пример такого рода ландшафта; восточная часть Шлезвиг-Гольштейна, некоторые области южной Швеции и пр.). Вообще конечно-моренный ландшафт играет весьма видную роль в устройстве поверхности довольно обширных пространств в северной Германии, восточной Пруссии, Литве, Белоруссии, нашей озерной области, в Финляндии и пр. Повсюду такие местности отличаются живописностью, а зачастую и плодородием почвы.

### Ледниковый комплекс.

Попутно уместно здесь будет сказать об особом типе древнеледникового рельефа, свойственном преимущественно горным областям древнего оледенения и известном в геоморфологии под названием *ледникового комплекса*. Его составными частями являются:

1. Так называемый *языковый бассейн*, т. е. более или менее обширная эллиптическая или округлая впадина, соответствующая местности, находившейся раньше под конечной частью ледникового языка, и представляющая депрессию, нередко заболоченную на значительных пространствах, усеянную нагромождениями моренного материала, накопление которого часто имеют форму описанных выше друмлинов.

2. Окаймляющие депрессию дугообразные гряды конечных морен, в совокупности образующие то, что в периферических областях древнего оледенения альпийских стран известно под назва-

нием *моренного амфитеатра*. Входящие в состав последнего гряды в поперечном профиле всегда имеют несимметричный вид: склон, обращенный ко внутренней части языкового бассейна, т. е. к леднику, представляется более крутым, передний, вниз от ледника, — более отлогим.

3. *Переходный конус* — представляет прислоненные к наружным склонам конечных морен накопления флювиогляциального материала, поверхность которых покато спускается от моренных дуг к задровым полям.

Депрессия языкового бассейна нередко служитместилищем более или менее глубокого озера (рис. 78)<sup>1</sup>.

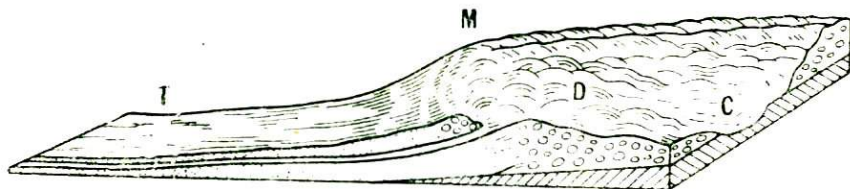


Рис. 78. Ледниковый комплекс (по А. Пенку):

С — конечный бассейн; М — моренный амфитеатр; D — друмлины; Т — переходный конус.

Многочисленные примеры классических ледниковых комплексов имеем как по северному, так и по южному склонам Альп (районы озер Химского, Вюрмского, Аммерского в южной Баварии, озер Гарда, Комо, Лаго-Маджоре, Изео в северной Италии).

### Эоловый холмистый рельеф.

Эоловый холмистый рельеф дает нам наиболее типичный образец аккумулятивного ландшафта (рис. 79). По своему внешнему виду он точно так же может быть подразделен на: 1) собственно неправильно холмистый ландшафт и 2) грядово-холмистый ландшафт.

Оба типа рельефа получают свои наиболее характерные морфологические черты в зависимости от развития тех или иных форм песчаных эоловых накоплений.

По преобладающей форме входящих в состав эолового рельефа дюн он получает названия *барханно-дюнный ландшафт*, *ландшафт кучевых песков*, *ландшафт бугристых песков* и т. д.

*Барханами* называются дюны полулунной формы, обращенные своими остриями по направлению господствующих ветров. Поперечный профиль их (как и грядовых дюн) всегда несимметричный: наветренный склон пологий — пересекается с горизонтом под углом не более  $12^\circ$ , подветренный крутой — до  $30^\circ$ . При этом у

<sup>1</sup> Надо, впрочем, заметить, что некоторые авторы склонны приписывать тектоническим процессам участие в образовании впадин южноальпийских озер.

барханов крутой склон всегда приручен к вогнутой стороне, отлогий — к выпуклой. Размеры и высота барханов варьируют в ши-

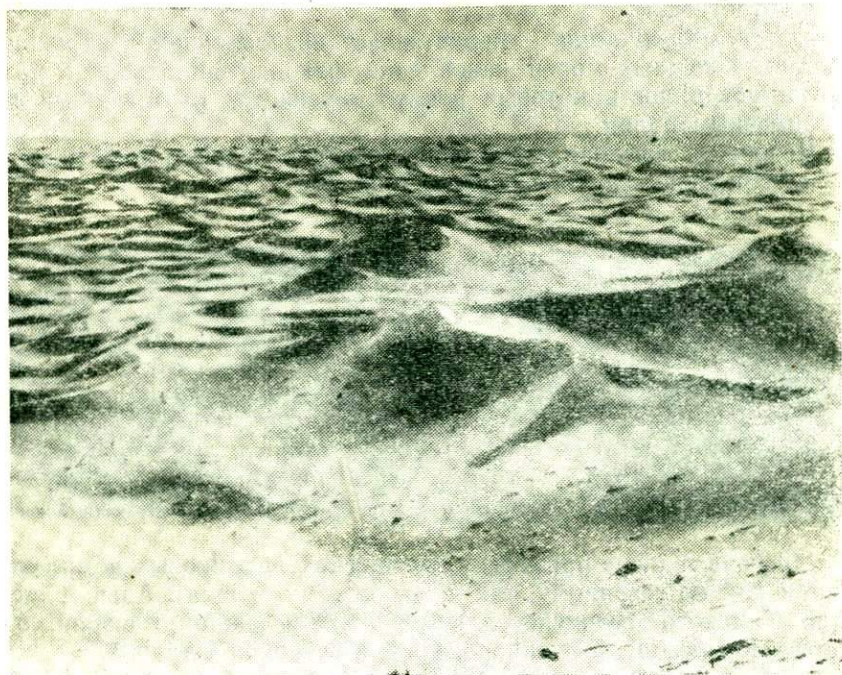


Рис. 79. Большая песчаная пустыня : лжирской Сахаре (фото Гаро).

роких пределах. Встречаются барханы до 200 м высоты и больше (рис. 80).

Характерной особенностью генезиса барханов является то обстоятельство: 1) что совершенной формы они достигают только в странах с господствующими правильными направлениями ветров

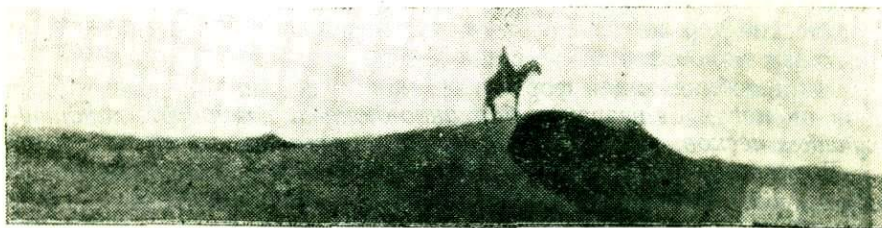


Рис. 80. Бархан в Кызыл-Кумах (ото П. С. Макеева).

в определенное время года; 2) что для их правильного развития необходимой предпосылкой является ровная местность; 3) что зародышевая форма дюны, из которой развивается настоящий бархан, первоначально имеет вид небольшой щитовидной массы песка.

резко отличной от сформировавшегося бархана. Таким образом, наличие барханов говорит о сравнительно зрелой фазе эволюции аккумулятивного эолового цикла.

Барханы обладают тенденцией скучиваться в группы по два, три и более, и при этом нередко, соединяясь своими рогами, сливаются в сложные дюны, в которых часто еще легко бывает распознать по количеству основных ядер, из какого числа барханов они образовались. Такие сложные дюны можно бы назвать *полисинтетическими барханами* (рис. 81, 82).

Барханский рельеф характеризует многие пустынные пространства внутренних частей континентов (Азии, Африки, Америки и Австралии). У нас наиболее характерного развития он достигает в Закаспии.

В известной стадии своего развития, достигнув значительной высоты, всякий бархан вступает в состояние зрелого возраста, когда количество песка, навываемого ветрами на его склоны, более или менее уравнивается с количеством уносимого с его склонов песчаного материала (чем выше бархан, тем доступнее он становится разрушающему влиянию ветра). В еще более

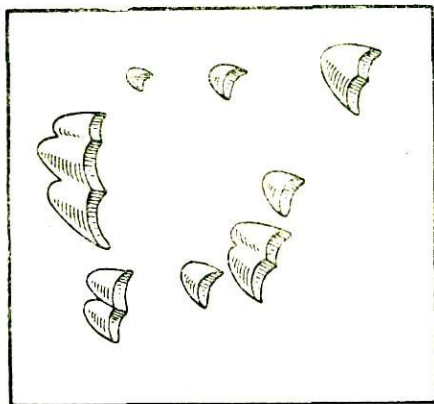


Рис. 81. Полисинтетические барханы.

и распада бархан вступает в том случае, если в силу каких-либо причин принос песка к бархану уменьшится, а сила воздушных течений останется в общем прежней.

*Параболические дюны (Haldendünen)*, будучи по своим очертаниям в плане сходны с барханами, отличаются от них тем, что рога повернуты против ветра (рис. 83), а крылья их сильно вытянуты и почти параллельны. Такой формы дюны возникают в тех местах, где ветер, несущий песок, прорывается через узкие проходы или горловины, поэтому весьма обычно образуются за счет разрушения уже существующих грядовых (материковых, речных или прибрежно-морских) дюн. Существенное морфологическое отличие параболических дюн от барханов заключается в том, что крутым склоном у них является выпуклый, а отлогим — вогнутый. Такую форму нередко имеют древние материковые дюны северной Германии.

Материал для построения материковых дюн доставляют аллювиальные (речные или озерные) пески или прибрежно-морские пески, или, наконец, песчаные продукты выветривания зернистых пород (песчаников, гранитов и т. п.) в сухих (пустынных) странах. В тех местностях, где песка много и где материковые дюны поэтому скопляются в большом количестве, при условии частой смены в направлении ветров песчаные пространства получают не-

правильное холмистое устройство поверхности (*кучевые, бугристые пески*) (см. рис. 79).

Характерными микрорельефными формами дюнного ландшафта, как барханного, так и всякого другого (см. ниже), является прежде всего *песчаная рябь*, сложные законы образования которой были

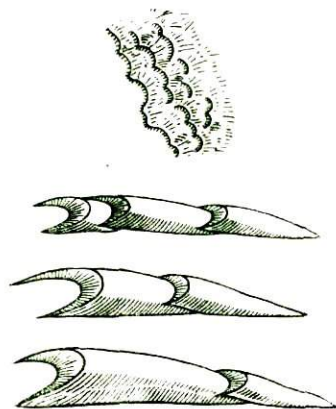


Рис. 82. Образование поперечных дюн путем слияния барханов (по Гедину).

Вверху: изображение в плане поперечной дюны, происшедшей из соединения барханов; гребень дюны лежит по левой стороне, расположенные правее барханы сидят на наветренной стороне и надвигаются на гребень. Внизу: изображение образования большого бархана путем слияния надвигающихся друг на друга барханов: 1 — три бархана, сидящие друг на друге; 2 — два первых бархана слились в большой бархан, третий еще сохранил самостоятельность, но передвинулся влево; 3 — первые три бархана уже соединились в один большой, четвертый оседлал его.

отдельных камней, влажных пятен грунта и т. п.). Такие первичные формы дюн, равно как продукты распада дюн под влиянием эолового разрушения, также относятся к микроформам и мезоформам материково-дюнного ландшафта.

### Эволюция эолового холмистого рельефа.

Дюнный рельеф подвержен весьма быстрым и существенным изменениям под влиянием тех самых агентов, которым он обязан своим происхождением. Под влиянием воздушных течений отдельные дюны и целые группы их, подвергаясь передуванию, быстро меняют свои очертания, причем существенным изменениям подвергается и самое местоположение отдельных дюн и их составных частей (миграция дюн) (рис. 84). По причине чрезвычайной водопроницаемости грунта, а также потому, что накопления материко-

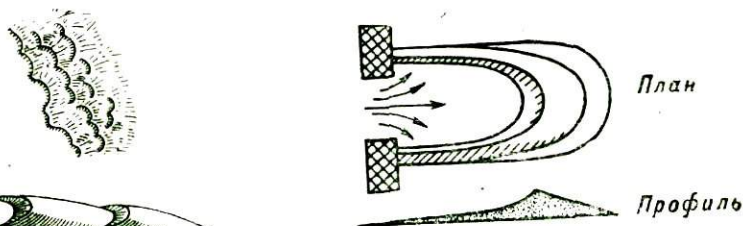


Рис. 83. Образование параболической дюны против прорыва в преграде (по Пассарге).

изучены Корнишем и Соколовым. Колебательные и вихревые движения воздушных струй являются главными факторами, обуславливающими возникновение песчаной ряби на склонах дюн. Песчаную рябь, впрочем, не следует рассматривать как зародыши самой дюны. Роль последних играют небольшие кучки песков то неправильной формы, то имеющие вид небольших щитов (похожих на панцири черепахи), скопляющиеся в первых фазах развития эолового аккумулятивного ландшафта у всякого рода препятствий движению гонимого ветром песка (кустиков трав или кустарничков, отдельных камней, влажных пятен грунта и т. п.).

вых песков возникают в странах сухих, собственно эрозия в эволюции материково-дюнного рельефа или вовсе не играет никакой роли, или играет роль весьма незначительную.

Существенное отличие песчано-холмистого рельефа от моренного заключается в отсутствии стоячих водных скоплений в понижениях между дюнами (это замечание относится к незаросшим материковым пескам). В значительной степени этим и объясняется отсутствие тенденции к уплощению рельефа, столь характерной для моренного ландшафта.

Роль фактора, консервирующего дюнный рельеф, играет растительность, в состав которой входят, само собой разумеется, представители псаммофитной флоры. По мере зарастания песков сначала отдельными экземплярами, а затем целыми ассоциациями таких растений меняется мало-помалу и общая морфология песчаных пространств: чисто барханный ландшафт постепенно превращается в бугристый, затем и бугристый рельеф утрачивает отчасти свою прихотливость, уплощается, как бы выравнивается, приобретая плавно-волнистые очертания. Вместе с тем на песках развивается почвенный покров, в свою очередь содействующий дальнейшему закреплению рельефа.

При изменении климатических условий дюнный рельеф может еще долгое время сохраниться как бы в ископаемом (законсервированном) состоянии (материковые дюны в северной Германии, в Белоруссии, в Полесье и др.).

*Грядовый* и *холмисто-грядовый песчаные рельефы* характеризуются преобладанием вытянутых в длину валобразных дюн, наряду с которыми, впрочем, всегда встречаются в виде подчиненных и другие формы. Грядовые пески могут встречаться внутри континентов и на побережьях морей или больших внутриконтинентальных водных бассейнов.

В первом случае песчаные валы возникают путем слияния в одну гряду многих одиночных или полисинтетических барханов; во втором — путем постепенного соединения в одно целое зачаточных дюн (песчаных дюн или песчаных языков). В побережных зонах гряды всегда располагаются своими длинными осями параллельно линии берега: внутри континентов их направление то совпадает с направлением господствующих ветров, но чаще бывает к нему перпендикулярным. При этом продольные по отношению к направлению ветра валы чаще наблюдаются там, где приток песчаного материала, из которого ветер формирует дюны, не столь значителен, а поперечные — свойственны, главным образом, местностям, где воздушные течения располагают для своей работы большими массами песков. Грядовые пески занимают большие

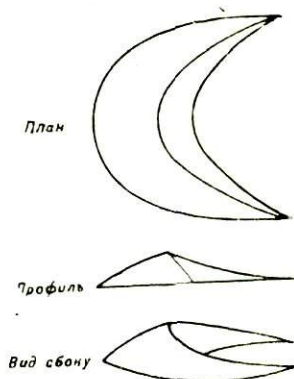


Рис. 84. Бархан после бури (по Вогану Корчишу).

Благодаря сильному ветру подветренная сторона сузилась.

площади в Индии — в пустыне Тар, где они представлены в прибрежных зонах преимущественно продольными, а внутри страны преимущественно поперечными дюнами; у нас громадные площади заняты грядовыми песками в Закаспии (в западной части Туркменской республики), где, впрочем, генезис их не вполне еще выяснен. Точно так же обычны они и в других областях Центральной Азии, равно как внутри других континентов.

В песчаных пустынях Центральной Азии при известных условиях возникает своеобразная разность песчаного рельефа, описываемая в геоморфологии под названием *решетчатого дюнного рельефа*. Господствующими формами являются поперечные по отношению к направлению ветра дюнные гряды, образовавшиеся путем слияния многочисленных барханов. Обладая в продольном профиле неравномерной высотой, эти поперечные гряды подвергаются неравномерному развеванию, более интенсивному в тех местах, где гребни их понижены. Здесь образуются песчаные перемычки, перебрасывающиеся от одной гряды к другой. Вся песчаная пустыня дает тогда в плане картину неправильной решетки: более или менее параллельные друг другу высокие песчаные гряды переплетаются между собой во многих местах при помощи множества перемычек в прихотливую сеть, в петлях которой выступают в понижениях твердый глинистый или песчано-глинистый, нередко засоленный грунт пустыни (*тактыры*). При дальнейшем развевании засыпаются песком и эти понижения, и тогда вся пустыня приобретает волнисто-бугристый рельеф.

Грядовый дюнный рельеф, как сказано, весьма характерен также для береговых зон некоторых морей и крупных внутриконтинентальных водных бассейнов, где, однако, он обладает некоторыми особенностями. Материалом для постройки воздушными течениями дюн здесь служит песок, выбрасываемый волнами на берег. Обсыхая, этот песок подхватывается дующими с моря ветрами и уносится внутрь страны.

Первоначальными препятствиями, вокруг которых начинают накапливаться пески, являются отдельные стебли и пучки растущих на засоленной почве морских побережий травянистых галофитов, как, например, злака *Junceum triticum* на побережьях северной Германии. У таких препятствий сначала образуются небольшие накопления песчаного материала в виде вытянутых языкообразных зародышевых дюн (*песчаные языки*). Увеличиваясь в числе и возрастая в своих размерах, они мало-помалу сливаются друг с другом в один вал, идущий в общем параллельно берегу. По мере роста дюн и выщелачивания из них солей атмосферными водами место любящих засоленную почву растений занимают псаммофиты, могущие жить только на незасоленных почвах, а еще позже на них поселяются кустарники и деревья. Так, на южном побережье Северного моря на песках, недавно выступивших из-под уровня моря, сначала поселяется злак *Junceum triticum*, вокруг стеблей которого и начинают возникать зародышевые дюны; позже дюнные пески зарастают псаммофитом *Psamma arenaria*, не переносящим засоления почвы, а этот последний уже в свою

очередь уступает место кустарникам и древесной растительности. На Балтийском побережье песчаные дюны зарастают первоначально *Honkenya peploides*, а в дальнейшем на дюнах появляется злак *Calamagrostis* (*Ammophila arenaria*). Так как самыми старыми дюнами являются наиболее удаленные от моря, а самыми молодыми наиболее близкие к последнему, то в общем дюны должны быть тем лучше законсервированы, чем дальше они отстоят от моря, если только процесс естественного закрепления их не будет нарушен вмешательством человека, например, в результате вырубки лесов.

Подобно континентальным грядовым дюнам, и прибрежно-морские дюны, не закрепленные растительностью, могут перемещаться, причем это перемещение всегда происходит по направлению внутрь страны. Таким образом, мы в этом типе ландшафта можем проследить все фазы его эволюции, от первых стадий крайней подвижности песков и быстрой изменчивости всего ландшафта до полной приостановки перемещения дюн и закрепления всего рельефа.

Механизм передвижения (миграции) дюнных песков изучен сравнительно хорошо и излагается во всех руководствах по физической геологии и физической географии, так что здесь нет необходимости снова подробно на нем останавливаться. Отметим лишь некоторые моменты этого процесса. Рост дюны продолжается в высоту до тех пор, пока песок, приносимый воздушным течением, целиком или в значительной своей части задерживается препятствием, встречаемым этим течением на своем пути. Первоначально таким препятствием служат стебли и кустики растений, какие-нибудь камни, кочки или влажные пятна грунта, позже сама дюна. Но ветер, отлагая на дюне песок, в то же время стремится и унести часть слагающего ее песчаного материала дальше. Чем выше дюна, тем с большей силой ударяется в нее ветер и тем больше песка может он уносить с собой дальше. Наступает момент, когда количество приносимого ветром песка уравнивается с тем количеством, какое он может уносить дальше. Тогда рост дюны в высоту прекращается. Дюна достигает состояния равновесия и в дальнейшем начинает подвергаться перемещению: сдувая с наветренной стороны часть песка, ветер перебрасывает его на подветренную сторону дюны, где он и накапливается; таким образом, слой за слоем перебрасывается с наветренного склона дюны на подветренный, и параллельно с этим и вся дюна понемногу перемещается в направлении господствующих ветров. Параллельно с этим может совершаться и развевание дюны, частичное или полное, именно в тех местах и в тех случаях, когда сила воздушных течений достаточно велика, чтобы уносить песка больше, чем может задержать дюна.

Из сказанного вытекает, что дюнный ландшафт может утратить свою подвижность в том случае, когда по тем или иным причинам на песках разовьется связный и прочно укоренившийся растительный покров. В прибрежных дюнах это имеет место после того, как дюна достаточно отодвинется от морского берега и до-

статочно закрепится растительностью в процессе постепенного естественного зарастания; в материковых дюнах — вследствие изменения климатических условий (увлажнения климата).

В последнем случае дюнный ландшафт и отдельные дюны могут сохраниться как бы в ископаемом состоянии. Древние материковые дюны сохранились во многих местах северной Германии и на западе Европейской части СССР.

Русские авторы выделяют в особую категорию песчано-аккумулятивного ландшафта пространства, усеянные сравнительно редкими дюнами неправильной формы, так называемые *кучевые пески*. По Обручеву, такие пески свойственны местностям, «где свободного материала, переносимого ветром, немного, и где он, сгущиваясь вокруг препятствий, представляемых кустами растений, не в состоянии засыпать таковые и образовать барханы». Такие пески пользуются широким распространением. От барханных они отличаются большей глинистостью и богатством известковыми солями.

*Речными дюнами* мы условимся называть дюны, развивающиеся по берегам, чаще всего по террасам, речных долин. В подавляющем большинстве случаев они бывают представлены типичными бугристыми песками и играют роль лишь подчиненного типа ландшафта, варьирующего те или иные типы долин. Но иногда речные пески достигают такого развития, что доставляют главный материал для постройки обширных площадей материковых дюн. Континентальным пескам Закаспия некоторые русские авторы (Неуструев) приписывают именно речное происхождение. Впрочем, другие исследователи склонны по крайней мере части песков Средней Азии приписывать происхождение за счет чередования древнекаспийских песков.

Условия образования и развития песков речных террас в общем выяснены с меньшей полнотой, чем материковых песчаных накоплений. Так, пески, известные в литературе по описаниям различных авторов, как речные дюны Дона, приурочены или ко вторым надпойменным террасам, или к переходам от третьих террас ко вторым. Они обязаны своим происхождением процессам развешивания третьих террас при первом наиболее древнем понижении базиса эрозии Донской системы. Таким образом, в их формировании участвовали не только современные процессы, но и процессы, относящиеся к прошлым геологическим фазам и иным климатическим условиям. Современная же эоловая деятельность обнаруживается только там, где деятельность человека или эрозия обнажила успокоившиеся пески, и «выражается в деструкции ранее возникших элементов рельефа». Надо полагать, что при более тщательных изысканиях для большинства террасовых песков Европейской части СССР будут обнаружены столь же сложные условия формирования, как и на Дону.

### **Роль растительности в эволюции аккумулятивного песчаного рельефа.**

Эволюция эолового песчаного рельефа и та роль, какую в этой эволюции играет растительность, была весьма подробно

изучена проф. В. А. Дубяньским в юго-восточных Кара-Кумах<sup>1</sup>.

Во введении к этой работе автор справедливо отмечает, что «выяснение генезиса и эволюции определенного района песчаной пустыни или целого типа аналогичных пустынь доводит наши знания о них до наибольшей степени понимания не только статического состояния их свойств, но и их динамики». Построение схемы естественной эволюции дает представление о «жизни» данного типа ландшафта, начиная с его «зарождения» и кончая его «смертью».

«Выяснение генезиса и эволюции песчаных пустынь имеет и прикладное значение, являясь наиболее надежной основой для выработки практических мероприятий по борьбе с вредоносностью песков и по их использованию». Начальные и ранние стадии формирования эолового рельефа целиком определяются воздействием физико-географических факторов, в то время как в дальнейшем существенную роль начинает играть поселяющаяся на песках псаммофитная растительность.

В юго-восточных Кара-Кумах автор выделяет прежде всего «Приамударьинскую барханную полосу», занимающую около  $\frac{1}{6}$  всей площади юго-восточных Кара-Кумов и характеризующуюся обилием голых подвижных барханных цепей. С северо-востока она граничит с современной долиной Аму-Дарьи, с юго-запада с правым берегом Келифского Узбоя. Пески, слагающие подвижные барханы, получились, главным образом, путем развевания рыхлых древнеаллювиальных отложений, частью, как это допускал В. А. Обручев, дефляцией сложенных третичными мергелями и песчаниками увалов, изредка встречающихся на левом берегу Аму-Дарьи. Этот процесс можно считать начальной стадией «рождения» песков. Вторая стадия сводится к накоплению (получившихся в результате развевания) песков и образованию барханов. Последние характеризуются подвижностью под влиянием господствующих в то или иное время года ветров.

Наблюдения как на Репетекской опытной станции, так и в других местах юго-восточных Кара-Кумов показали, что движение барханов носит характер колебательный — в соответствии с (ритмически) изменчивым направлением господствующих ветров в разные времена года. Эти колебания в значительной степени лимитируют, если не полностью компенсируют, поступательное движение барханов. Автор пришел к заключению, что «если поступательное движение будет обнаружено продолжением... наблюдений, то средняя величина его будет измеряться не метрами, а лишь немногими дециметрами в течение года». Эта закономерность колебательного движения барханных цепей является общей для всех юго-восточных Кара-Кумов и не относится к окраинам песчаных массивов и

<sup>1</sup> В. А. Дубяньский. Фитомелиоративные исследования песков Средней Азии. I. Песчаная пустыня юго-восточные Кара-Кумы — ее естественные районы, возможности их сельскохозяйственного использования и значение для ирригации. Тр. прикл. — ботан., генетик. и селекц. Т. XIX, № 4. Ленинград, 1928.

к движениям «эфмерных, перпендикулярных цепям мелких барханчиков». Автор замечает, что колебательное движение барханных цепей является широко распространенным в условиях открытого равнинного рельефа. Указанное обстоятельство дает нам редкий в природе пример ритмической изменчивости и регенерации типа рельефа в течение коротких отрезков времени — годовых сезонов. Благодаря периодическому отвейванию песок барханов отличается хорошей сортированностью, большой порозностью и дает сравнительно бедную минеральными соединениями водяную вытяжку.

При всей своей подвижности барханные пески не лишены, однако, растительности, правда ютящейся почти исключительно по днищам котловин между барханными грядами и на нижних пологих частях склонов. Эта растительность почти целиком представлена злаком селином (*Aristida pennata* var. *Karelini*), образующим крупные кусты до 1 м высотой и 0,5 м в диаметре; заросли его занимают около 10% всей поверхности барханных песков. Кроме того, здесь растет еще солянка — «кумарчик» (*Agriophyllum latifolium*), иногда кустарничек *Smirnovia turkestanica*, а ближе к Аму-Дарье «янтак» — верблюжья колючка (*Alhagi camelorum*). В узких низинах, иногда заливаемых паводковыми водами Аму-Дарьи, развиваются заросли камыша (*Phragmites communis*), солончаковые злаки (*Aeluropus littoralis*), янтак, кусты гребенщика (*Tamarix*) и пр. Прилегающая к Узбою полоса барханных песков заросла значительно более, чем прилегающая к Аму-Дарье, и здесь растительность покрывает уже около  $\frac{1}{4}$  поверхности.

Вся остальная часть юго-восточных Кара-Кумов — около  $\frac{5}{6}$  всей их площади — занята песками, переживающими уже дальнейшие стадии развития, обусловленные процессами самозарастания: пески при этом постоянно теряют свою подвижность, и барханные цепи переходят в неподвижные бугры, пологие холмы и гряды. Только там, где по каким-либо причинам на этих закрепленных песках уничтожается связывающий их растительный покров, песок вновь раздувается и возникают небольшие площади вторичных барханных песков.

Надо заметить, что при всей скудости осадков, выпадающих в Кара-Кумах, ежегодный водный баланс в последних сводится не только с плюсом, но в песках накапливается некоторое количество грунтовых вод, дающее возможность развиваться здесь растительности. Мы уже видели, что первыми пионерами в таком процессе зарастания является злак «селин», обладающий особыми приспособлениями, позволяющими ему переносить сильное засыпание и выдувание, затем следуют различные представители кустарников из рода *Calligonum*, далее союзы, песчаная акация и др. Эти первые пионеры, связывая песок, лишают его частично подвижности, барханные пески начинают зарастать, превращаются сначала в малоподвижные бугры, и эти последние заселяются растениями «уже значительно менее, чем пионеры, приспособленными к жизни в подвижном субстрате».

Таким образом, постепенно формируются зарастающие бугристые пески. При этом первоначально барханная цепь распадается

на отдельные неподвижные бугры, занятые на вершухах первыми пионерами, а затем между буграми и на дне их уже поселяются пионеры второго порядка, придающие всей совокупности большую связность и способность сопротивляться развевающей деятельности ветра. Прогрессирующее зарастание песков ведет к уменьшению их влажности, к постепенному вымиранию первых пионеров; в промежутках между буграми появляется осока — иляк (*Carex physodes*), которая, наряду с общим разрастанием растительного покрова, обуславливает превышение расхода влаги, вызываемого испарением растений над приходом ее. Параллельно с этим под влиянием растительности верхние слои песка обогащаются мелкоземом и, в конце концов, в зарастающих бугристых песках происходит истощение запасов влаги, вместо имевшего ранее место накопления ее. Все это ведет в свою очередь к дальнейшему изменению состава растительного покрова, к уплотнению и засолению песка, и, наконец, на бугристых песках в большом количестве развиваются заросли песчаного саксаула (*Arthrophytum persicum*), и бугристые пески вступают в конечную стадию своего развития — в стадию «бугристых песков с лесами песчаного саксаула».

Этот саксаул, представляющий наиболее характерное и распространенное растение песков данной стадии, еще выносит отчасти подвижность песков и для своего семенного возобновления нуждается в том, чтобы поверхностный слой почвы был рыхлым. Но с течением времени песок под кронами песчаного саксаула засоляется и настолько уплотняется, что песчаный саксаул начинает вымирать и сменяется зарослями солончакового саксаула (*Arthrophytum aphyllum*). Этот вид саксаула обладает способностью закрывать пески густой и сравнительно высокой зарослью («леса пустыни») и при его развитии возникает тот тип песчаного ландшафта, которому автор считает возможным дать особое название: «лес солончакового саксаула». Он состоит из песчаных гряд в 10—20 м высоты, разделенных долинками шириною в 2—3 м и длиною в несколько раз больше. По этим-то долинкам и развивается преимущественно саксауловый лес, покров которого здесь достигает наибольшей густоты, причем отдельные экземпляры саксаула нередко достигают формы деревьев 5—6 м высоты и до 0,5 м в диаметре. На вершинах же гряд продолжают расти песчаные кустарники каллигонум сэтосум (*Calligonum setosum*), изредка сальсоля Рихтера (*Salsola Richteri*) и заросли песчаной осоки (*Carex physodes*), а на самых высоких вершинах попадаются изредка и оголенные площадки. Несмотря на то, что под солончаковым саксаулом почва продолжает прогрессивно уплотняться и засоляться, это не влияет губительно на существование солончакового саксаулового леса и, таким образом, данный тип ландшафта является весьма устойчивым и потому может считаться «конечной стадией» развития каракумских песков.

Интересно отметить еще одну особенность морфологии данного типа песков. Занятые лучшими зарослями солончакового саксаула пониженные долинки между песчаными грядами, о которых упоминалось выше, отличаются довольно ровными днищами, выстлан-

ными толщами в 8—15 м мощности, состоящими из перемежаемости прослоев гипса в 5—10 см толщины и серого песка в 5 см мощности. Под этими толщами залегают пески-пльвуны, пропитанные грунтовыми водами. Очевидно, что об эрозионном происхождении долинки говорить не приходится.

Описанный процесс дает нам весьма интересный и поучительный пример воздействия растительного покрова на развитие рельефа и общего типа ландшафта. При этом здесь с большой выпуклостью выступает наблюдаемая весьма часто и в других явлениях природы взаимозависимость обоих факторов и в конечном счете тот неизбежный ход событий, при котором каждый тип рельефа уже в самом себе несет зародыш своего будущего преобразования и превращения в свою противоположность. В самом деле, подвижные барханные пески, благодаря сравнительному обилию содержащейся в них грунтовой влаги, дают возможность поселиться на них и развиваться пионерам-псаммофитам. Это первый шаг по пути уничтожения наиболее характерного признака барханных песков — их подвижности. В дальнейшем биология псаммофитов постепенно приводит к изменению свойств грунта, который утрачивает свою рыхлость, уплотняется, засоляется и загипсовывается; параллельно с этим идет смена растительных ассоциаций, обеднение грунта подземными водами, общее уплотнение растительного покрова и, в конце концов, превращение неустойчивого, ежегодно меняющего свой вид рельефа барханных песков в стабильный ландшафт бугристых песков, заросших солончаковым саксаулом, в тот тип ландшафта, который В. А. Дубянский называет «лесами солончакового саксаула». Само собой разумеется, что такая последовательность стадий развития рельефа отнюдь не является универсальным законом и не может быть распространена на песчаные области других стран, где и климатические и другие факторы могут вносить в эволюцию песчаного рельефа весьма существенные изменения.

Кроме описанных типов песчаного аккумулятивного рельефа в Кара-Кумах большие площади заняты еще двумя типами ландшафтов — песчано-глинистой равниной и грядовыми песками, которые многие авторы считали генетически связанными с предыдущими. Так, В. А. Обручев, а вслед за ним и некоторые другие исследователи полагали, что песчано-глинистая равнина представляет лишь последнюю стадию в ряду тех преобразований, которые испытывают аккумулятивный и барханный рельеф под влиянием постепенной смены растительного покрова и параллельно с этим совершающихся изменений в плотности и засоленности грунта и содержании грунтовых вод. В частности, В. А. Обручев думал, что бугристые пески, сползающая и разрушающаяся под действием экзогенных агентов, превращаются в песчано-глинистую равнину. Но В. А. Дубянский считает такую теорию неправильной, так как та стадия развития песчано-аккумулятивного рельефа, которая характеризуется развитием солончаковых саксауловых лесов, по его исследованиям, является стабильной, и следовательно не может переходить в равнину.

Песчано-глинистая равнина, по В. А. Дубянского, является самостоятельным типом рельефа с собственным генезисом, независимым от эволюции барханных песков, и представляет, по видимому, аккумулятивную равнину, развившуюся на пролювиальных выносах, и слегка переработанную эоловыми агентами.

Что касается грядовых песков, то они представляют особый тип заросших песков, о генезисе которых автор не высказывается определенно. Но что здесь перед нами несомненное эоловое образование, так или иначе связанное с теми же формами, какими являются барханные пески, едва ли приходится сомневаться. Впрочем, В. А. Дубянский, основываясь на том, что на склонах гряд изредка встречаются выходы суглинистых грунтов, приходит к заключению, что «нижние части гряд сложены не из эолового песка, а из коренных суглинистых отложений» и что балкообразные понижения между грядами «образованы в своей основе деятельностью воды». «Таким образом, макрорельеф грядовых песков, — заключает он, — по видимому, имеет эрозионное, а микро-рельеф — эоловое происхождение». Поскольку верхние части гряд, и по В. А. Дубянскому, являются по своему генезису навеянными, было бы может быть правильнее в данном случае сказать не «микро-рельеф», а «мезорельеф».

#### Генетические геоморфологические ряды аккумулятивных песчаных образований.

Вкратце последовательность закономерно развивающихся песчаных эоловых образований может быть сведена к следующей схеме:

1. *Микроформы* — песчаная рябь, мелкие песчаные кучки вокруг неровностей и влажных пятен в грунте.

2. *Простые образования (мезоформы и макроформы)* — зачаточные маленькие и более крупные дюны в виде песчаных куч, куполовидных куч, барханов, одиночных бугров, параболических дюн.

3. *Сложные формы* — полисинтетические барханы, грядовые дюны.

4. *Морфологические песчаные ландшафты* — барханные пески, грядовые пески, бугристые пески, кучевые пески, решетчатые пески.

С точки зрения динамической следует различать:

1) *подвижный, неустойчивый песчаный рельеф*;

2) *закрепленный рельеф* (законсервированный);

3) *распадающийся рельеф* (дюны, приводимые ветром в движение вследствие изменения физических условий устойчивости песчаных накоплений).

#### Изучение песчаных пространств.

При изучении песчаных образований надо собрать материал достаточный для ответа на следующие вопросы:

1. Географическое положение дюн в связи с их происхождением, т. е. имеем ли мы дело с материковыми, речными, прибрежно-озерными или, наконец, прибрежно-морскими дюнами.

2. Источник песчаного материала, из которого строятся дюны, т. е. являются ли пески аллювиальными, выброшенными на сушу морским прибоем, или же они представляют продукты разрушения каких-нибудь коренных пород, как это иногда имеет место в степных и пустынных областях, где материал для постройки песчаных накоплений дают продукты выветривания гранитов и родственных им массивных пород, песчаников и т. п.

3. Гранулометрический состав песков, степень окатанности и обтертости отдельных песчинок, преобладающие размеры, окраска, от которой обычно зависит и окраска всей дюны в целом, примесь к песку глинистых частиц.

4. Наличие или отсутствие на дюнах почвенного покрова, хотя бы в первых стадиях образования.

5. Морфология дюн как в отдельности, так и всего дюнного ландшафта в целом: наличие и роль в общей физиономии ландшафта микроформ (песчаной ряби, зародышевых дюн, песчаных язычков и т. п.).

6. Зависимость морфологии данного песчаного ландшафта от устройства поверхности грунта, на котором происходит формирование дюн, от климатических факторов, главным образом от направления ветров, от развития растительности и соотношения между силой формирующих дюны воздушных течений и количеством песчаного материала, которым они могут располагать для своей накапливающей работы.

7. Стадия развития данного дюнного ландшафта: находится ли он в периоде первых фаз своего развития и роста, достиг ли он состояния равновесия, закрепился ли он в силу развития на нем растительного покрова или общего изменения климатических условий, находится ли он наконец в фазе распада под воздействием дефляции и т. д.

8. Степень подвижности данного песчаного рельефа и возможные меры к ее уменьшению (закреплению песков).

9. Степень засоленности дюн.

10. Глубина залегания грунтовых вод.

11. Состав и густота растительного покрова.

12. Значение развития сыпучих песков для сельского хозяйства и вообще для культуры изучаемого района.

Исследования должны сопровождаться составлением карты распространения песков, зарисовкой и фотографированием наиболее типичных участков и деталей изучаемого района, составлением профилей дюн и групп их, сбором образцов песков, составлением гербария встреченных растений, сбором сведений относительно скорости и направления передвижений песков, влияния человека на закрепление или, наоборот, на раздувание песков (искусственное закрепление растительностью или вырубка лесов и т. п.).

### **Эрозионный (скульптурный) холмистый рельеф.**

Эрозионный холмистый рельеф в чистом виде в природе почти никогда не наблюдается, а обычно сочетается с аккумулятивными

образованиями. Таким образом, самостоятельной роли этот тип рельефа в природе обычно не играет. Эрозионный холмистый рельеф наблюдается или в области древнего оледенения, или же в районах длительной субэральной денудации и эрозии, следовательно в поздних стадиях эрозионного цикла, если исходным материалом для такого цикла служила горная или вообще возвышенная страна.

Хотя вопрос о способности ледников производить эрозионную работу не может еще считаться окончательно разрешенным, тем



Рис. 85. Полированные ледником скалы („бараньи лбы“). Кузнецкий Алатау (фото И. П. Толмачева).

не менее не подлежит сомнению, что ледники тем или иным путем могут стирать неровности скалистого грунта, по которому они движутся, и оставлять на нем следы своей работы. Отдельные скалы, обработанные таким образом, приобретают форму несимметричных в продольном сечении, сглаженных по верху скал, известных в геоморфологии под названием *бараньих лбов* (рис. 85). Если обработанные и округленные ледниками скалы встречаются в большом числе и сближены между собой, весь рельеф при взгляде издали приобретает отдаленное сходство с очертаниями отдыхающего стада овец, что и дало повод присвоить ему название *курчавых скал* (*roches moutonnées*). Из сказанного ясно, что скульптурный древнеледниковый холмистый ландшафт может развиваться лишь в том случае, если страна, подвергшаяся обработке ледником,

предварительно уже была достаточно расчленена эрозионными и денудационными процессами.

В древнеледниковом эрозионном холмистом рельефе скульптурные формы, как сказано, играют лишь частичную роль: пониженные пространства между обработанными ледником скалами заняты рыхлыми ледниковыми отложениями — моренным материалом, флювиогляциальными суглинками и песками, отдельными валунами и пр.; нередко в этих депрессиях располагаются озера или мочажины, которые постепенно подвергаются процессам заболачивания и заторфования, как и в аккумулятивном холмистом рельефе.

Поэтому и этот тип ландшафта характеризуется в своем развитии тенденцией к постепенному сползанию и выравниванию.

Древнеледниковый холмистый рельеф описанного типа весьма распространен во многих местах Финляндии, Швеции, севера Европейской части СССР (в Карелии) и в других странах, подвергавшихся в четвертичный период покрытию обширными ледниками.

Совершенно иной характер носит скульптурный рельеф, обязанный своим происхождением длительной субаэральной денудации и эрозии: отдельные, сложенные коренными породами холмы, горки, скалы различной высоты, различных размеров и очертаний рассеяны в различном удалении друг от друга, будучи разделены между собой обширными пространствами долин, заполненных аллювиальными продуктами и другими рыхлыми наносами. Таким образом, эти холмы и горки представляют не что иное, как остатки некогда бывших гораздо более высокими гор, уцелевших от размыва и смыва. Ясно, следовательно, что возвышенности соответствуют выходам более прочных и стойких против выветривания горных пород (рис. 86).

Если сложенные коренными породами холмы значительно снижены и их наличие не очень сильно нарушает монотонность равнинных пространств, среди которых они рассеяны, мы имеем тот тип ландшафта, о котором уже говорилось как о почти-равнине, или пенеппене. Если горки и холмы более скучены и некоторые из них достигают более значительных размеров по площади и в высоту, мы называем их по-русски весьма метким термином *мелкосопочник*, для которого на иностранных языках, к сожалению, не существует аналогичного термина. Типичные примеры мелкосопочника имеем в Казахской степи и в некоторых местностях Южного Урала, Минусинского края, Забайкалья и пр.

### Органогенный холмистый рельеф.

На этом рельефе мы здесь не будем задерживаться, так как роль его в определении устройства поверхности больших пространств суши большей частью не бывает сколько-нибудь значительной. В большинстве органогенный рельеф выражается развитием мелких аккумулятивных форм, обязанных своим происхождением деятельности животных (муравьиные кучи, кротовины и суе-

ликовые норы с насыпанными при входе в них кучками рыхлого материала и т. п.).

Уже отмечалось, что в настоящее время все бóльшую роль в создании аккумулятивного холмистого рельефа начинает играть человек. В областях усиленной добычи различного рода полезных ископаемых (каменный уголь, золото, другие металлические ископаемые, строительные материалы и пр.) на более или менее обширных пространствах возникают аккумулятивные нагромождения

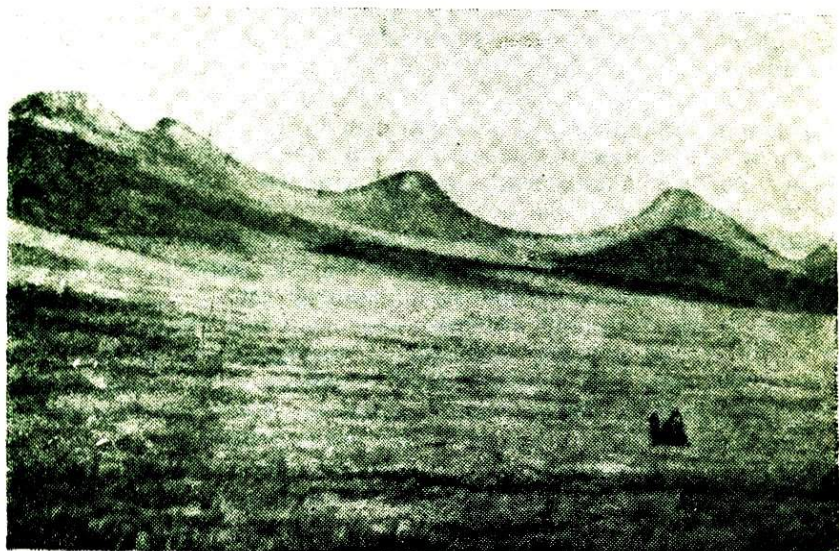


Рис. 86. Мелкосопочный рельеф на вулканических породах, Хакассия  
(фото Я. С. Эдельштейна).

рыхлого материала (отвалы). Зарастая с течением времени, они как бы замаскировывают свое искусственное происхождение и, таким образом, незаметно входят в систему естественного ландшафта.

В остальном эти формы играют лишь роль деталей среди ландшафта иного происхождения. Только термиты в тропических странах воздвигают более крупные постройки, значительно изменяющие внешний вид больших пространств и, следовательно, могущие претендовать на самостоятельное место в геоморфологической классификации.

#### **Аккумулятивный холмистый рельеф вулканического происхождения.**

В некоторых местностях немаловажное значение в качестве морфологических образований приобретают холмистые нагромождения, обязанные своим происхождением извержениям вулканов, грязевых сопок и горячих ключей (гейзеров).

Местами, как, например, в окрестностях Баку, на Таманском полуострове, в Новой Зеландии, в Йеллоустонском парке и др., весь рельеф получает в результате деятельности грязевых вулканов, или гейзеров, своеобразные черты, которые дают основание для выделения этого рода местностей в особую категорию или тип ландшафта.

Что касается аккумулятивного холмистого ландшафта собственно вулканического происхождения, то он возникает в областях современной или не особенно давней, в геологическом смысле этого слова, вулканической деятельности и весьма часто бывает поэтому подчинен горному ландшафту (паразитические кратеры на склонах больших вулканических конусов, неравномерные накопления рыхлых вулканических продуктов и пр.). Временами, впрочем, и здесь могут возникать особенные типы ландшафта, именно в тех случаях, когда вулканические аккумулятивные постройки оказываются насаженными на более или менее равнинное или слабо расчлененное основание (Флегрейские поля, район вулкана Хорульо и др.). В большинстве таких случаев мы уже имеем переходы от собственно холмистых к гористым ландшафтам.

## ГОРНЫЕ ВОЗВЫШЕННОСТИ И ГОРНЫЕ СТРАНЫ.

## Общие понятия.

Выше уже отмечалось, что в природе трудно провести вполне отчетливую границу между формами рельефа, к которым приложимо название «гора», и такими, которые следует называть «холмами». Условно некоторые геоморфологи проводят эту границу таким образом, что к первым относятся высоты более 200 м над уровнем моря, а ко вторым — более низкие. Но этот чисто гипсометрический критерий является, само собой разумеется, весьма шатким. Кроме гипсометрического, можно бы указать и еще на один, уже упоминавшийся морфологический признак. Холмы обычно составляют второстепенные, подчиненные элементы ландшафта, общая физиономия которого определяется другими крупными формами (горами, равнинами, впадинами). Даже в тех областях, где холмов много, как в вышеописанных районах так называемого холмистого рельефа, влияние первостепенных крупных форм все же не ступшевывается совершенно. Например, от местного развития холмистого моренного ландшафта общий характер равнинной или горной страны все же не утрачивается. Между тем горы, к которым мы относим крупные положительные формы земной поверхности, накладывают совершенно определенный отпечаток на облик целых обширных пространств, оправдывающий отнесение их к категории *горных стран*.

Рихтгофен и А. Пенк отмечали, как наиболее характерные признаки *гор*, наличие следующих морфологических признаков:

1) Ясно выраженной подошвы, т. е. то извилистой, то более прямолинейной границы, отделяющей горную возвышенность от окружающих ее более пониженных пространств.

2) Склона (горного ската), т. е. известной наклонной к горизонту поверхности, при помощи которой данная возвышенная часть литосферы спускается к пониженным пространствам.

От степени наклона этой поверхности к горизонту и от того, насколько резко выражена подошва, зависит и отчетливость очертаний самой горной возвышенности. Чем круче склоны, тем отчетливее выделяются формы горной возвышенности из окружающих

пространств. Наиболее рельефные очертания получают горы тогда, когда примыкающие к ним понижения заняты водой. В таком случае даже при сравнительной пологости горных склонов подошвы получают чрезвычайно резкие очертания.

Обширные горные страны, представляющие вообще наиболее сложные в геоморфологическом отношении участки земной поверхности, в своих внутренних частях нередко состоят из более высоких гор, которые с периферии окаймляются менее значительными возвышенностями. Последние представляют, следовательно, как бы переход от настоящих гор к низменностям и поэтому часто называются *предгорьями*. Эти последние почти всегда бывают и морфологически и генетически тесно связаны с горными возвышенностями, к которым они примыкают.

Будучи значительно приподняты над уровнем моря, горные возвышенности являются областями, где все процессы денудации и эрозии могут разыгрываться с наибольшей интенсивностью. Вот почему горные страны в подавляющем большинстве случаев представляют в то же время и области развития долинного ландшафта. Впрочем, развитие сети долин определяется не только гипсометрическими условиями, но и геологическим составом гор и климатическими факторами.

В конечном счете морфология горных возвышенностей определяется:

А. *Первичными очертаниями* того поднятия на земной поверхности, которое дало начало данной горной возвышенности и самое возникновение которого было вызвано или тектоническими, или эпейрогеническими, или, наконец, вулканическими процессами.

Б. *Последующим преобразованием* этого первичного поднятия экзогенными силами, главным образом смывом атмосферными водами, деятельностью проточных вод и ледников.

Ниже нам придется коснуться, следовательно, сначала вопросов генезиса гор, а затем детально рассмотреть процессы их расчленения экзогенными агентами. Предварительно, однако, заметим, что по внешней форме горы подразделяются на:

1. *Одиночные, или отдельные* (сюда относятся многие из вулканических гор, останцовые горы, о которых речь ниже).

2. Вытянутые в длину и сравнительно узкие, называемые *горными хребтами*, а при большей протяженности в длину и при более значительных размерах в высоту и в ширину — *горными цепями* (Кавказская горная цепь, Пиренеи, Альпийские горные цепи, Гималайская горная цепь, Кордильеры, Анды и др.). Почти никогда горные цепи не состоят из одного только возвышенного вала, чаще в состав их входит сложный комплекс более или менее параллельных друг другу хребтов и кряжей. Горные цепи обычно отличаются сильно развитым долинным ландшафтом и соответственно с этим чрезвычайно сложным рельефом.

3. Сравнительно не столь сильно расчлененные, более или менее обширные горные поднятия неправильных очертаний в плане носят название *горных массивов и нагорий*. Степень их расчленения долинами может быть весьма различна в зависимости от це-

лого ряда как геологических, так и климатических причин, о которых будет подробнее сказано ниже.

Для внешнего вида горных цепей существенно то, что в их оформлении основную роль играют именно склоны, так как их высшие части (гребни, кряжи, хребты) представляют суженные участки, в существе своем сплошь и рядом дающие лишь различные формы пересечения склонов. В противоположность этому, в общей физиономии горных массивов видную, а нередко и доминирующую роль играют их верхние пространства, между тем как склонами подчеркивается, главным образом, отношение этих массивов или нагорий к окружающим пространствам.

4. *Сложные системы горных возвышенностей*, состоящие из сочетания горных кряжей, отдельных массивов, вулканических конусов и т. д. Сюда относятся крупнейшие горные поднятия на земном шаре (например, некоторые центрально-азиатские горные системы). Надо, впрочем, оговорить, что большинство так называемых в географии горных цепей относится к этому рода образованиям (Кавказ, Анды, Кордильеры и др.).

В горных возвышенностях, глубоко расчлененных долинами, следует отличать *горные склоны*, возникшие в результате эрозионных процессов, от *первичных склонов* данной горной системы. Последние прослеживаются по внешнему краю всей данной горной системы, перебрасываясь от одной части ее к другой, независимо от расчленяющих горы эрозионных борозд. Первые тесно связаны в своем распространении и форме именно с речными долинами. Следовательно, чем больше развивается долинная сеть, тем больше отступает на задний план роль первичных склонов в определении форм горных возвышенностей и, наоборот, тем большее значение в их внешнем облике получают склоны, возникшие в результате эрозионных процессов.

Восстановление первоначального вида и протяженности первичных горных склонов составляет одну из важнейших и притом весьма нелегких задач морфологического анализа.

### Генезис гор.

Все горные возвышенности на земном шаре обязаны своим первоначальным возникновением эндогенным процессам — тектоническим или вулканическим. Аккумулятивные постройки, *воздвигнутые экзогенными агентами*, в частности материковые дюны или конечные морены, могут в некоторых случаях по своей высоте производить впечатление настоящих гор; но их все же правильнее будет относить, как мы и делаем в настоящей работе, к холмам.

Всякая выпуклость земной коры, приподнятая над уровнем моря, рано или поздно должна быть сnivelирована деятельностью экзогенных агентов. Если мы в настоящее время, однако, наблюдаем во многих местах на земном шаре наличие горных возвышенностей, то это свидетельствует о том, что в данной области эндогенные силы проявляют или проявляли свою деятельность с полной энергией еще в сравнительно недавнем геологическом прошлом.

Если бы дело обстояло иначе, экзогенные факторы давным-давно сnivelировали бы до основания все крупные неровности рельефа.

Условимся называть зоны и вообще области, где эндогенные силы проявляются в ощутительных поднятиях земной коры, *активными*. Тогда, в соответствии со сказанным выше, мы можем вместе с А. Пенком выставить такое положение: *горы приурочены к активным зонам литосферы*<sup>1</sup>.

Эндогенные силы, ведущие к возникновению горных возвышенностей, суть следующие:

1) Вулканические.

2) Тектонические, которые в свою очередь подразделяются на: а) тангенциально действующие и б) радиальные.

3) Эпейрогенические (вековые колебания суши).

Последние мы здесь выделяем в особую категорию потому, что причины вековых подъемов и опусканий литосферы не всегда еще представляются достаточно ясными и нередко различными авторами толкуются весьма неодинаково. Правильно будет, повидимому, принимать, что они могут быть обусловлены как гравитационными и термическими эндогенными факторами, так и чисто тектоническими движениями земной коры.

Любая горная возвышенность, возникшая тем или иным путем, под влиянием воздействия экзогенных агентов утрачивает свои первоначальные очертания и приобретает новый облик. Но самый ход денудационных и эрозионных изменений в значительной мере предопределяется, с одной стороны, свойствами первоначальной постройки, созданной эндогенными силами, с другой — последующими колебаниями земной коры. За очень редкими исключениями постройки, созданные эндогенными факторами, почти никогда не сохраняют своего первоначального вида.

### Вулканические горы.

Вулканические горы почти всегда представляют аккумулятивные постройки. Их образование может происходить или путем накопления рыхлого вулканического материала, или путем выжимания на поверхность земли из недр вязкой кислой лавы, или же, наконец, путем излияния жидкой основной или средней кислотно-

---

<sup>1</sup> Теоретически нельзя отрицать, что глубоко расчлененный долинный ландшафт, следовательно горный ландшафт, может возникать и в результате эвстатических колебаний (значительных опусканий) уровня океана. Но для этого пришлось бы допускать опускание уровня океана на многие сотни метров. Хотя мы можем с уверенностью утверждать, что в четвертичное время эвстатические колебания действительно имели место, однако, масштаб их выражался большей частью довольно скромными цифрами. Кроме того, эти колебания комбинировались и с настоящими эпейрогеническими движениями литосферы. Не исключена возможность того, что в прежние геологические эпохи эвстатические колебания оболочки мирового океана достигали и более значительных амплитуд. Таким образом, хотя при анализе развития рельефа тех или иных горных областей не приходится игнорировать значение этого фактора, как важного приводящего момента, но рассматривать эвстатические колебания особо, как первостепенный фактор в генезисе гор, едва ли было бы целесообразно в настоящем очерке.

сти лавы. Весьма часты постройки смешанного характера, состоящие из смеси массивного и рыхлого материалов.

Морфологические особенности вулканических сооружений определяются:

1) физическими и химическими свойствами извергаемых вулканических продуктов;

2) формой и размерами отверстий, через которые происходит выделение вулканических продуктов на дневную поверхность;

3) характером физико-географической среды, в которой происходит извержение (субаэральные или подводные извержения);

4) длительностью пароксизмов вулканической деятельности и их повторяемостью;

5) количествами доставляемых на поверхность вулканических продуктов;

6) топографическими условиями (рельефом) места, где происходит извержение;

7) метеорологическими условиями, господствующими в момент извержения (ливни, сильные ветры и т. п.).

Внешний вид той или иной вулканической постройки зависит от сочетания и степени участия в ее возникновении перечисленных выше факторов.

По внешней форме и происхождению различают следующие виды вулканических сооружений:

1. *Наземные (субаэральные)* — к ним относятся все вулканические сооружения, возникающие на суше.

2. *Подводные* вулканические накопления — образующиеся в результате вулканических извержений на дне моря или озер.

3. *Подземные* — формирующиеся внутри земной коры. Из них мы здесь упомянем лишь те, которые оказывают непосредственное влияние на рельеф земной поверхности в момент своего возникновения (лакколиты).

В наземных вулканических постройках можно выделить следующие морфологические элементы:

1) *Лавовые покровы* — возникающие в результате массовых излияний по трещинам на дневную поверхность легкоплавких и легкоподвижных лавовых масс. Весьма часто излияния повторяются многократно, благодаря чему такие образования могут достигать большой мощности и слагать собой мощные высокие плато. К окраинам такие плато нередко падают террасовидными уступами. Излияния на поверхность весьма часто сопровождаются внедрением пластовых согласных лавовых жил (силлов) на глубине, что оказывает впоследствии определенное, весьма характерное влияние на развитие рельефа.

2) *Лавовые потоки* — образующиеся, когда лава вытекает более или менее широким фронтом из трещин на склоне какой-нибудь горной возвышенности, например, на склоне вулкана, и затем распространяется вниз по горе. Если она при этом встретит углубление или котловину или достигает равнины, она может, заполняя такие места, снова приобретать вид покровного образования. Форма лавового потока, его мощность и его ширина в значительной мере

зависят от физико-химических свойств магмы. Основные легкоплавкие магмы дают тонкие потоки, более вязкие — узкие выпуклые и мощные потоки и т. д.

От того или иного содержания газов в лаве и способности лавы выделять их с большей или меньшей легкостью зависит и вид поверхности лавовых потоков и покровов. Сильно нагретые лавы, легко выделяющие газы, образуют при застывании слегка волнистые поверхности (*волнистые лавы*). Наоборот, лавы, богатые газами и с трудом выделяющие их после застывания, дают поверхности неровные, покрытые беспорядочно торчащими во все стороны глыбами лавы (*глыбовые лавы*). Известную роль тут играет и степень наклона той поверхности, по которой движется лавовый поток, или покров. В местах, где из лавы газы выделяются в особенно большом количестве и с большой силой (в местах выделения мощных фумаролл), на поверхностях потоков и покровов могут возникать лавовые колпаки или маленькие паразитные кратеры (*горнитосы*), а в самой лаве, после оседания внутри ее горячих масс, могут возникать полости, пещеры и т. п.

Лавовые покровы занимают местами на земном шаре колоссальные площади. Таковы области распространения палеозойских и мезозойских лавовых масс в Якутии между Леной и Енисеем, где ими покрыта площадь, оцениваемая Обручевым в 1 000 000 кв. км, и где они достигают мощностей во много десятков и даже в сотни метров. Такова же область распространения древних (третичных) лав в Южной Америке, в бассейне реки Параны. К числу таких же областей относится плоскогорье Деканское в южной Индии, некоторые области в Северной Америке и др.

Лавовые потоки, вытекающие не из трещин, а из отдельных отверстий, т. е. из кратеров, часто приобретают вид веерообразных или треугольных площадей, подвешенных вершиной к месту выхода лавы наружу.

Если вулканические продукты выступают наружу из одного отверстия, то получающиеся при этом формы могут быть весьма разнообразны в зависимости от длительности извержения, физико-химических свойств магмы и пр. Все такие вулканические сооружения мы условимся называть *вулканами центрального типа*.

По форме можно различать следующие главные категории вулканических сооружений центрального типа:

1. *Конические* — всегда имеющие форму усеченного конуса; срезанная вершина его в свою очередь представляет опрокинутый вершиной вниз полый конус, называемый *кратером*; на дне кратера в момент деятельности вулкана имеется одно или несколько отверстий (так называемый *бокк*), через которые выбрасываются вулканические продукты. В потухших вулканах кратер нередко бывает заполнен озером. Крутизна наружных склонов конуса зависит от характера слагающего его материала, но, вообще говоря, редко превышает 30%.

По характеру материала, слагающего конические вулканы, различают:

1) *Рыхлые пепельные конусы* — сложенные исключительно из рыхлых вулканических продуктов, обычно уплотненных в туфовые массы, состоящие из вулканических глыб, бомб, лапиллей и пепла; эти рыхлые массы ложатся обычно слоями, наклоненными в сторону от кратера (так называемое *периклинальное* залегание). В разрезах стенок вулкана видно чередование слоев туфов различной крупности зерна и более или менее ясно слоистых. Если конус слагается крупным материалом, то внутренние стенки кратера представляются весьма крутыми и спускающимися прямо к дну кратера, если же материал мелок (и в его составе преобладает песок), то внутренние стенки кратера спускаются вниз более отлого. В этом случае внутри кратера слои туфов падают внутрь и в разрезе конуса получается картина дипериклинального залегания материала, т. е. в кратере слои падают внутрь, а на внешней стороне конуса — наружу.

Характерной коррелятной формой рыхлых конусов являются так называемые *барранкосы*, т. е. радиально расходящиеся от вершины вулкана во все стороны более или менее глубокие эрозионные борозды, нередко приобретающие вид глубоких ущелий или каньонов.

2) *Смешанные пепельные конусы* — слагающиеся, кроме вулканических туфов, также переслаивающимися с этими туфами лавовыми потоками и дайками, секущими туфы по всем направлениям. При последующих эрозионных процессах прежде всего отпрепаровывается этот скалистый каркас, состоящий из затвердевших лав. В таком случае склоны вулкана, находящегося в стадии преобразования экзогенными агентами, приобретают с течением времени причудливые очертания.

Конические вулканы центрального типа могут достигать самых различных размеров — от сопки в несколько десятков или сотен метров высоты (Хорульо в Мексике) до гигантских конусов, высящихся над окрестностями на несколько километров (Ключевская сопка, Фудзияма в Японии, Котопахи в Эквадоре, Колима и Попокатепетль в Мексике, Сангай в Эквадоре, Майон на Люцоне и др.).

На вулканических конусах крупных размеров при извержениях лав могут образовываться на склонах подчиненные *паразитные кратеры*, возникающие вследствие того, что поднимающаяся по каналу вверх лава своим гидростатическим напором прорывает бока канала и по трещинам изливается на склоны, не достигнув вершины. Паразитными кратерами усеяны склоны Этны. Множеством паразитных кратеров украшены склоны камчатского исполина — Ключевской сопки. В 1932 г. на глазах людей на Ключевской сопке в результате длительного и довольно сильного извержения возникло два новых крупных паразитных кратера в расстоянии около 16 км от кратера вулкана. Паразитные кратеры известны и на многих других вулканах.

Паразитные кратеры, изливая лаву и нагромождая вокруг себя рыхлые продукты, нарушают правильность очертаний вулканических конусов первого порядка. Правильная форма последних также

очень часто нарушается излияниями мощных лавовых масс на одну сторону, что сопровождается прорывом кратерного кольца и образованием брешей в его склонах (рис. 87):

Такие же нарушения правильной формы могут явиться следствием сильных ветров, дующих в одну сторону во время извержения, при котором выбрасываются большие количества песков и пепла. Увлекаемый воздушными течениями материал при этом ложится на одну сторону склонов вулкана, чем также нарушается симметричность конического профиля последнего.

II. *Циркообразные сооружения*, или, как их называют, *кальдеры* — образующиеся в том случае, когда при сравнительно не

столь высоком конусе последний оказывается сильно срезанным и заключает внутри себя более или менее обширный и глубокий, замкнутый со всех сторон или открытый в одну сторону амфитеатр, или цирк, с крутыми, часто отвесными стенками. Такие вулканы почти всегда бывают построены по преимуществу из рыхлого материала. Их происхождение объясняется накоплением обширного конуса при длительном извержении и последующим провалом верхней его части вследствие образования внутренней полости в силу удаления изнутри рыхлого материала вулканическими взрывами.

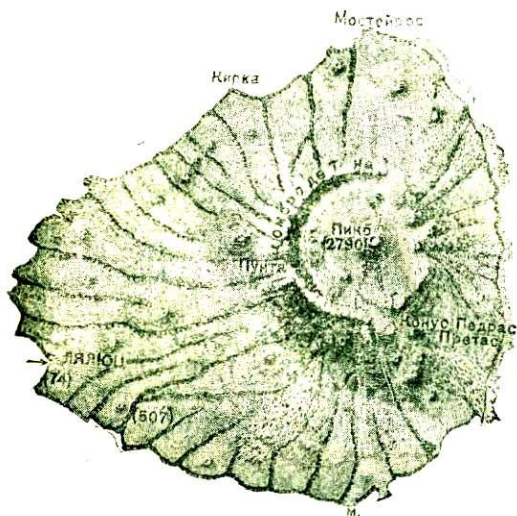


Рис. 87. Вулканический остров Фого (в группе островов Зеленого Мыса).

Тип двойного вулкана (сомма и центральный конус) с паразитными кратерами, потоками лавы и барганками.

III. *Сложные вулканы* (типа Везувия или Этны) — состоящие из наружной кальдеры, включающей внутренний конус (пепельный или смешанный). Наружная часть такого вулкана часто обозначается названием *сомма* (по наименованию соответственного образования на Везувии). К этому типу относится вулкан Авача на Камчатке.

IV. *Купола* — получающиеся при медленном выжимании из отверстия вулкана центрального типа вязкой кислой лавы. Для них характерно отсутствие кратерной воронки.

V. *Пирамиды, иглы, обелиски* — возникающие также при выжимании на поверхность вязких кислых лав из сравнительно узких отверстий вулканов центрального типа (тип Мон-Пеле).

VI. *Щитовидные вулканы* — имеющие форму слабо выпуклых щитов, высота которых сравнительно с их окружностью невелика.

Возникают они главным образом в результате излияния на дневную поверхность основных, бедных газами или легко выделяющих газы подвижных лав (тип гавайских вулканов). Кратерное углубление достигает иногда значительных размеров, и, в противоположность рылым конусам, стенки его представляются крутыми или обрывистыми, скалистыми (кратер Килауеа).

В плане вулканические сооружения иногда приобретают не округлые, а вытянутые эллипсоидальные очертания; это бывает в том случае, когда они строятся не над одним выходным каналом, а над трещиной, вытянутой в определенном направлении (некоторые вулканы Исландии).

Последовательно проведенную морфологическую классификацию вулканических сооружений попытался дать Карл Шнейдер в своей сводной работе о вулканических явлениях земного шара.

Мы приводим здесь его классификацию, хотя предложенная им новая терминология и не укоренилась в науке.

Шнейдер различает следующие типы вулканических сооружений:

1) *Педиониты* — обширные площадные накопления, главным образом, жидких вулканических продуктов, с подчиненным участием туфового материала. Свойственны преимущественно прежним геологическим временам. Четвертичные педиониты менее обширны и мощны, чем третичные.

2) *Аспиты* — характеризуются незначительной высотой в сравнении с обширностью базиса. В строении их принимают участие, главным образом, жидкие продукты. Обычно они заключают на своей вершине кратер (примером могут служить гавайские вулканы — Мауна Лоа, Килауеа).

3) *Толоиды* — у них базис относительно мал в сравнении с высотой. Склоны выпуклы, с уклоном до 35° и больше. Построены исключительно из жидких материалов. Характерны в особенности для древнего вулканизма. Новые образования этого рода крайне редки. Обыкновенно располагаются группами.

4) *Белониты* — базис занимает совершенно ничтожную площадь в сравнении с высотой; построены исключительно из жидкого материала. Очень непрочны (примером может служить Мон-Пеле). В прежние геологические времена возникали чаще.

5) *Кониды* — площадь основания в сравнении с высотой не так мала; склоны выпуклы. Построены преимущественно из пирокластических материалов, иногда с примесью рейтматических (лавовых). На вершине весьма часто имеется кратер. Наиболее распространенная форма современных вулканов.

6) *Хоматы* — отличающиеся от конидов более обширным основанием и всегда заключающие хорошо сформированный кратер. Сложены, главным образом, пирокластическим, в меньшей мере лавовым материалом. Склоны такие же, как у конидов. Типом их могут служить кальдеры (тип соммы).

7) *Маары* — полые неглубокие формы (впадины), иногда окруженные валом из раздробленных пирокластических продуктов. Для них характерна округлая форма. Встречаются обычно группами (рис. 88).

Перечисленные формы могут различным образом сочетаться. Многие педиониты большей частью представляют сложные образования, получившиеся в результате излияния обширных базальтовых масс из целого ряда отверстий на значительной площади. Аспиты часто сочетаются с конидами и с хоматами: таким путем возникают аспикониды и аспихоматы (примерами аспихоматов могут служить Этна и Везувий). Чаще всего кониды сочетаются с хоматами — получаются хомакониды (внутри хомата возникает конид). Если хомат сохранился только частично и охватывает конид, то получается тип соммы Везувия. Если кониды располагаются рядами или зонами, возникают длинные хребты, в которых глубокие седловидные перевалы чередуются с поднимающимися вверх вершинами. При групповом расположении центральных вулканов, извергающих смешанный лавовый и пирокластический материал, могут возникать более или менее обширные плато с посаженными на них отдельными горами.

*Подземные* вулканические сооружения могут проявляться в виде специальных форм на земной поверхности лишь в том случае, если магма своим напором приподнимает пласты земной коры, заставляя их выпячиваться наружу. Тогда получаются куполообразные вздутия, перекрывающие скрытые на глубине вулканические массы (*лакколиты*). Эрозийные процессы, разрушая вершину такого купола, сначала создают сложные формы с кольцеобразными впадинами на вершине, которые затем уступают место куполовидным возвышениям или же возвышениям более сложной и причудливой формы, представляющим выход на дневную поверхность отпрепарованного денудацией ядра лакколита (рис. 89).

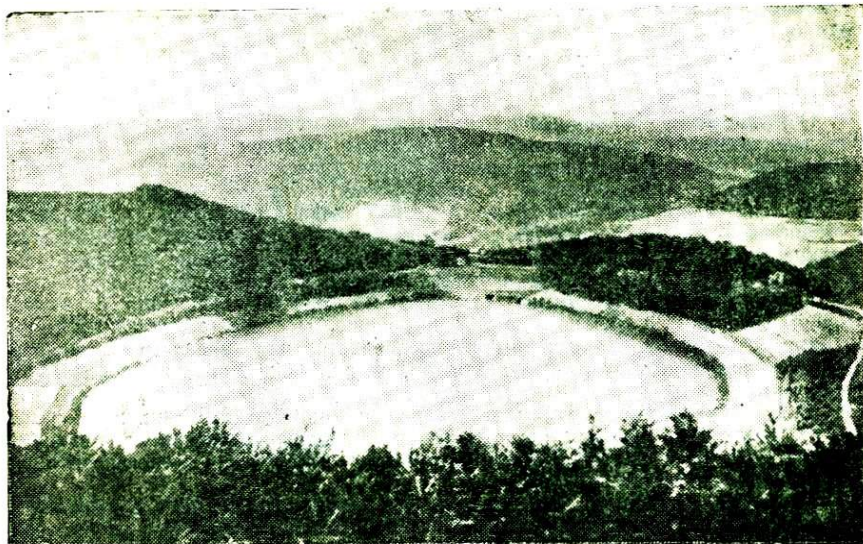


Рис. 88. Гемюнденский маар в Эйфеле.

*Подводные* вулканические сооружения от наземных существенно отличаются. Главное отличие, быть может, заключается в том, что здесь реже встречаются чисто туфовые конусы в силу того, что под водой пирокластические материалы не так легко образуются, и если образуются, то легче смешиваются с осадочными материалами. Кроме того, по мнению некоторых вулканологов, под водой легче возникают обширные, не очень мощные покровы вследствие того, что лава, быстро покрывшись корой, защищающей ее от охлаждения, сохраняет способность легче расплываться в стороны и, таким образом, формироваться в обширные покровы.

От формы и размеров выходных отверстий зависит то или другое расположение вулканов. На длинных разломах в земной коре они располагаются линейно, рядами (Исландия, Центральная и Южная Америка) (рис. 90). Вулканы центрального типа, однако, часто располагаются и группами (Флегрейские поля в Италии). Та-

кие же групповое расположение нередко показывают и перекрытые вулканические образования (например, лакколиты на Северном Кавказе).

Характерной чертой вулканических областей, особенно таких, в которых сосредоточено много вулканических сооружений, является то, что каждая из них несет на себе какие-нибудь индивидуальные морфологические черты.

Трудно найти не только две вулканические области, но даже две группы вулканов, вполне сходные друг с другом по форме и размерам вулканических построек.



Рис. 89. Лакколит Аю-Даг, отпрепарированный денудацией, Южный берег Ерма (фото Е. А. Гаврилова).

Под влиянием экзогенных агентов эволюция рельефа вулканических областей всегда идет в направлении постепенного и полного уничтожения того, что создано вулканическими силами.

Первыми уничтожаются денудацией рыхлые вулканические конусы. Постепенно, по мере удаления рыхлых продуктов, отпрепаровываются массивные части вулкана (жилы, дайки); впоследствии и они разрушаются, и на поверхности остаются лишь выходы корней вулкана, т. е. лавовых масс, заполняющих выводные каналы в виде некков и даек.

Эволюция вулканических покровов под влиянием экзогенных процессов в общем совершается сходно с расчленением горизонтально наслоенных мощных осадочных толщ.

Небольшие вулканические конусы, выдвинувшиеся в виде остро-

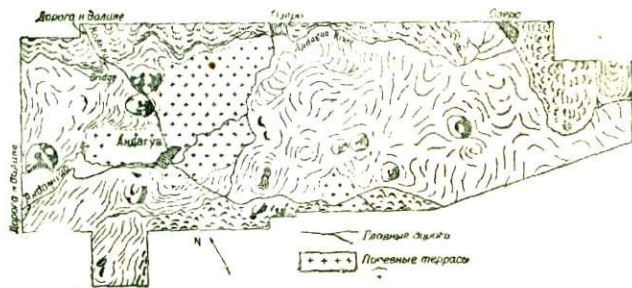
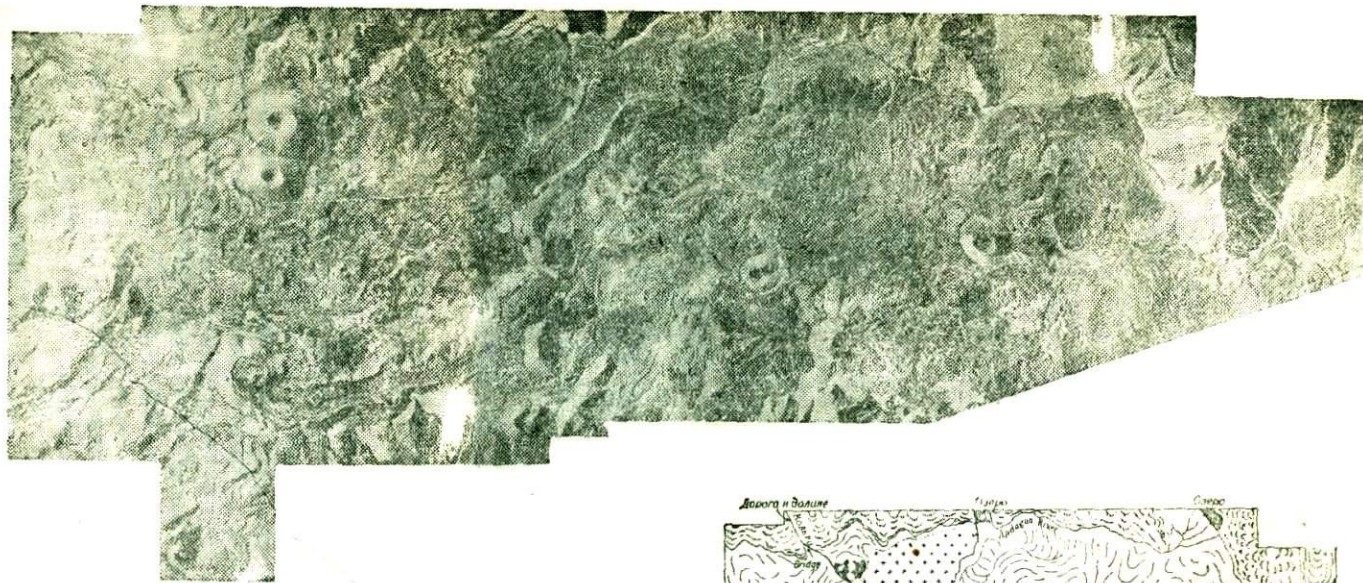


Рис. 90. Часть долины Андагуа в Перу (аэрофото).

Типичный вулканический ландшафт, насаженный на эродированную горную страну. Видны 16 вулканических конусов и обширные потоки лавы. У верхней окрайны снимка видны два озера, образованные подпруживанием лавовыми потоками р. Андагуа.

вов среди моря или больших озер, быстро уничтожаются разрушительной работой прибоя.

Лавовые обелиски или высокие пирамиды (Мон-Поле, Иоанн Богослов, Санта-Мария) представляют образования очень недолговечные, весьма быстро распадающиеся под влиянием выветривания.

В древних (давно потухших) вулканических областях эрозия и денудация обнажают наконец и самые корни вулканов, которые тогда нередко вздымаются вверх среди пространств, занятых осадочными слоями, в виде отдельных утесов, нередко имеющих вид скалистых гребней или стен, также представляющих благодарный объект для разрушительной работы выветривания. Таким образом, в конце концов, уничтожаются и самые корни вулканов.

### Тектонические горы.

Все остальные существующие на земном шаре горные возвышенности (за исключением вулканических) обязаны своим происхождением тектоническим и иным движениям литосферы. Без наличия последних самое возникновение гор было бы совершенно невозможно.

Отсюда сама собой становится понятной роль, какую играет тектоника в морфологии земной поверхности.

Самые движения земной коры, ведущие к образованию гор, мы можем подразделить следующим образом:

1. Медленные вертикальные (радиальные) подъемы суши, называемые *эпейрогеническими*, иногда обозначаемые так же, как *вековые колебания* литосферы.

2. Более быстрые *радиальные подвижки*, часто связанные с разрывом сплошности слоев или вообще горнокаменных масс, *неодинаково реагирующих* на движущие усилия или же испытывающих различные по силе напряжения (дизъюнктивные дислокации).

3. Сильные горизонтальные (*тангенциальные*) движения, ведущие в результате к заметному сужению и утолщению определенных зон литосферы вследствие смятия слоев в складки или же разрыва и наползания (в виде пакетов) толщ друг на друга (собственно *орогенические* движения).

Хронологически и причинно дизъюнктивные дислокации и эпейрогенические движения часто бывают тесно связаны с орогеническими процессами, но нередко совершаются и независимо от последних. С другой стороны, орогенический цикл всегда включает в себя, кроме пликативных процессов, также и дизъюнктивные дислокации различного рода и вертикальные подъемы литосферы.

Условимся называть *темпом* скорость (в геологическом смысле слова), с которой совершаются указанные движения земной коры, *амплитудой* — размер (размах) совершившегося движения, считая от начального его момента до полного замирания.

Конечно и темп и амплитуда поднятий в разных частях земного шара и в разные времена в одних и тех же областях подвержены едильным колебаниям. Кроме того, близко соприкасающиеся между собой участки литосферы могут испытывать движения разного

рода, разного размаха, а иногда и противоположного знака (подъема и опускания). Все это приходится учитывать при геоморфологическом анализе как моменты, весьма определенно отражающиеся на внешних чертах горных возвышенностей.

Но каков бы ни был первоначальный вид выпуклости, созданной движениями земной коры, окончательные очертания ее определяются экзогенными факторами, зависящими от климатических причин. Поэтому горы и имеют неодинаковый морфологический облик в странах сухих (аридных), в странах с влажным или умеренным климатом, в странах полярных и т. д.

При всем том в большинстве стран земного шара горные возвышенности являются основой, на которой развиваются разнообразные и типичные долинные ландшафты.

Среди вертикальных движений литосферы, создающих горные массы, мы можем различать следующие категории, создающие сооружения, неодинаково относящиеся к дальнейшей моделировке денудационными агентами:

1. Простые вертикальные подъемы участков суши или морского дна, покрытых толщами горизонтально наложенных образований. В результате получаются типичные столовые страны. По своему отношению к расчленению экзогенными факторами такие образования сходны с плато, обязанными своим возникновением накоплению вулканического материала. Эволюция рельефа таких столовых стран будет нами рассмотрена ниже.

2. Вертикальные подъемы, или вспучивания древних складчатых областей, подвергшихся перед этим сильному сглаживанию денудационными агентами (пенепленизации). Получаются массивные возвышенности с весьма сложными внутренними структурами, на которых развиваются в соответствии с этими последними те или иные категории долинных ландшафтов.

3. Подъемы, связанные с изгибами слоев (флексурами). Верхняя часть такого образования, если оно достаточно обширно, также носит характер, более или менее приближающийся к столовому плато. На зоне, соответствующей изгибу крыла флексуры, в зависимости от геологического состава и крутизны наклона слоев в перегибе крыла, создаются условия, благоприятные для развития параллельных моноклинальных долин, разделенных моноклинальными кряжами (так называемый куэстовый рельеф, о котором см. ниже).

4. Косые подъемы отдельных частей литосферы.

Все рассмотренные выше частные случаи движений земной коры могут иметь своим первоисточником или гравитационные изостатические нарушения, или термические явления в глубинах земных недр, или, наконец, быть так или иначе связанными с настоящими тектоническими процессами. Часто движущими силами является сложная совокупность тех и других явлений.

Радиальные, более быстрые движения создают прежде всего так называемые *сбросовые* горы. Отдельные участки литосферы более или менее быстро поднимаются, отчленяясь от соседних долин или зонам разрыва или раскола.

Если поднявшийся по сбросовым линиям участок литосферы с боков или со всех сторон граничит с пониженными пространствами, его называют *горстовым массивом*. Горстовые массивы иногда имеют вытянутую форму, но нередко обладают и весьма неправильными и сложными контурами.

Сбросовые горы, особенно обладающие неправильными контурами, иногда также называют *глыбовыми*.

В зависимости от геологического строения подвергшейся разломам части литосферы и положения сбрасывателей мы получим или складчатые массивы, или столовые страны, или глыбы, сложенные однообразно наклоненными в одну и ту же сторону толщами.

В общем, в смысле отношения к дальнейшей моделировке внешними агентами, мы можем выделить здесь те же подтипы, как и среди возвышенностей, созданных медленными движениями литосферы, с той, однако, разницей, что темп движения совершается быстрее, а соответственно с этим расчленение денудацией идет иначе и горы часто обладают более рельефными склонами, отчетливее выделяясь из окружающих пространств.

Что касается, наконец, горных возвышенностей, возникающих в результате настоящих орогенических движений, то их можно подразделить на:

1. *Складчатые горы.*

2. *Складчато-покровные горы.*

Складчатые горы могут быть построены или из отдельных рядов правильных стоячих складок, представляющих чередование антиклинальных и синклинальных перегибов слоев, или же из сильно сжатых, нередко разорванных и в большей или меньшей степени опрокинутых складок.

В отдельных случаях спокойное складкообразование может выражаться в возникновении ориентированных в правильные четковидные ряды коротких замкнутых поднятий и опусканий (брахиантиклинали и брахисинклинали).

В противоположность горным системам, получившимся в результате медленных движений литосферы или более быстро совершающихся дизъюнктивных дислокаций, складчатые горы, особенно геологически более молодые, возникшие на месте геосинклинальных зон, обладают сильно вытянутой формой в плане, весьма часто, кроме того, образуют простые дуги или сложные системы дуг и в поперечном сечении дают картину резкой асимметрии. Последняя является следствием асимметрии тех геосинклиналей, в которых они зарождались.

### Геосинклинали.

Мы уже говорили, что *геосинклиналями*<sup>1</sup> называются длинные и сравнительно со своей длиной узкие жолобообразные прогибы в земной коре, заня-

<sup>1</sup> Ряд авторов (Вальтер, Штилле и др.) вкладывает в понятие «геосинклиналь» гораздо более широкое и расплывчатое содержание. Но мы считаем неуместным дискутировать здесь этот вопрос.

тые морями, в которых идет постепенное энергичное накопление осадочного материала. Параллельно с процессом накопления осадочного материала (литогенетическим процессом) дно геосинклиналей медленно и неуклонно опускается, благодаря чему мощность накапливающихся в них осадков может достигать значительных размеров, особенно в осевой, наиболее быстро опускающейся части геосинклинали.

Накопление осадочного материала в геосинклиналях, совершающееся в течение громадных по своей продолжительности геологических периодов, составляет первую фазу орогенического цикла, как бы подготовительную его стадию.

Погружение дна геосинклиналей вместе с накопившимися в них осадками на большую глубину, в те зоны, где господствуют высокие температуры, приводит к целому ряду физических изменений в толщах осадков, в результате чего последние подвергаются разнообразным, более или менее интенсивным смятиям в складки, разрывам, напознанию друг на друга и т. д., словом, на месте бывших геосинклиналей возникают сложные системы складчатых гор, представляющие валообразные утолщения на земном теле, постепенно присоединяющиеся к континентам и увеличивающиеся, таким образом, площадь последних.

Это второй — главный акт горообразования, ведущий непосредственно к образованию горной цепи.

Нарушения термического и гравитационного равновесия, неизбежно сопровождающие накопления громадных толщ осадков в геосинклиналях, их опускание вглубь и, наконец, их смятие в складки вызывают вертикальные колебания литосферы, которые, таким образом, и ведут к выдвиганию созданного тангенциальными усилиями утолщения на более или менее значительную высоту над уровнем океана и часто сопровождаются сбросами и сдвигами, разбивающими складчатый комплекс на отдельные глыбы. Эти вертикальные колебания представляют, следовательно, как бы третий и последний заключительный этап горообразования.

Весь цикл описанных явлений, начиная с первых моментов возникновения геосинклинали до последних фаз формирования складчатой горной системы, охватывает колоссальные по своей длительности отрезки геологических времен, соответствующие целым геологическим периодам и даже эрам.

Установлено, например, что та геосинклиналь, на месте которой образовались Альпы и Кавказ, равно как и другие складчатые цепи одного с ними возраста, возникла еще в палеозойское время и с тех пор вплоть до конца третичной эпохи неоднократно служила ареной складкообразования, прерывавшегося промежутками относительного спокойствия и нового накопления осадков в геосинклинали. Отзвуки этого длительного процесса прослеживаются еще и в четвертичное время, постепенно замирая с приближением к современности.

Механизм горообразования в геосинклинальных зонах далеко еще не может считаться разъясненным во всех подробностях, и даже многие более важные и существенные его моменты до сих пор продолжают вызывать споры. Можно только прибавить к сказанному выше, что и самое строение дна геосинклиналей, и ход накопления в них осадков, и дальнейшее превращение их в складчатые горы в природе гораздо сложнее, чем это схематически изображено в предыдущих строках. В то время как в одних частях геосинклиналей идет накопление мощных толщ глубоководных осадков, в других отлагаются мелководные слои различных фаций, а в третьих в это самое время могут уже начинаться и горообразовательные подвижки. Кроме того, и самые размеры и очертания геосинклиналей подвержены сильным вариациям по их простиранию. Усложнения обуславливаются еще внедрением разнообразных магматических масс в осадочные толщи в различные моменты горообразования. Общим для большинства геосинклиналей можно только считать то, что в поперечном сечении они представляются асимметричными, а это ведет и к асимметрии образующихся на их месте горных возвышенностей. При горообразовательных процессах, вызванных боковым сжатием, складки нагромождаются и прижимаются к крутому боку геосинклинали, нередко опрокидываясь в эту сторону и образуя пакеты напознанных друг на друга складчатых покровов. Обычно с этим склоном сов-

падает впоследствии и выпуклая сторона возникающей горной цепи, так называемый *форланд*, между тем как на противоположной стороне имеем вогнутость — *рюкланд*, куда склоняются корневые, более крутые части складчатых систем и покровов, часто разорванные большими продольными изломами.

Большинство геологов считает, что геосинклинали представляют подвижные пластические зоны литосферы, располагающиеся между более устойчивыми и не столь податливыми на боковые сжатия участками последней. Такого взгляда держатся Коссмаат, Кобер и один из творцов современного учения о геосинклиналях Ог, по мнению которого геосинклинали всегда бывают зажаты между двумя континентальными массами. Американские геологи, наоборот, полагали раньше, что геосинклинали чаще всего бывают приурочены к периферии континентальных массивов, представляя, следовательно, краевые зоны океанических бассейнов (Дэна), или же отделяются от последних полосами суши, не особенно широкими (*Borderland*) окраинными зонами суши (*Schuchert*).

Кобер развил учение о так называемом орогене, т. е. о возникающем на месте геосинклиналей двустороннем, симметрично построенном складчатом, вернее покровноскладчатом, комплексе, в состав которого входят две краевые складчатые горные зоны, разделенные промежуточным понижением (*междугорьем*). Краевые зоны обращены выпуклостями наружу, и складки в них опрокинуты также наружу. Таким образом весь ороген в поперечном сечении получает симметричный вид (рис. 91).

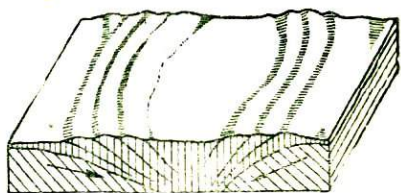


Рис. 91. Блокдиаграмма орогена (по Коберу).

*Междугорье* (*Zwischengebirge*) то чрезвычайно расширяется (например, Паннонская впадина между Карпатами и Динарскими Альпами), то — в случае сильного сжатия орогена — суживается до полного исчезновения (в южной части Восточных Альп). Междугорье Кобера очевидно соответствует тыловой стороне (рюкланду) складчато-покровных гор других геологов.

С точки зрения чисто морфологической конструкция орогена применима лишь к молодым складчато-покровным горным цепям, да и то не ко всем. В частности она не приложима к Андам и Кордильерам.

На географических картах не очень крупного масштаба горные цепи, возникшие на месте геосинклиналей, рисуются в виде извилистых лент или пучков лент, местами сильно суженных, как бы прижатых друг к другу, местами, наоборот, расходящихся в виде пучков или веерообразных снопов. Места, где отдельные складчатые цепи сильно сближаются между собой, принято называть *скупиванием* складок; те же, где они расходятся, удаляясь друг от друга, — *виргацией* (или по-русски можно бы сказать *пучкованием*). Такая виргация складок характерна, например, для западных ветвей Памиро-Алайских горных цепей; примеры скупивания складок имеем у юго-восточной окраины Тибетского нагорья, у северо-западной окраины Гималаев и во многих других местах.

Довольно обычна также для складчатых горных цепей кулисообразная группировка: прослеживаемая по простиранию складчатая простая или сложная горная цепь постепенно выклинивается и сполаживается, а на месте ее, но не непосредственно на ее продолжении, а где-нибудь в стороне возникает новая, аналогичная предыдущей складка или система складок, которая и тянется затем на известное расстояние, в свою очередь далее уступая

место таким же точно образом новой складчатой зоне. Подобное кулисообразное расположение свойственно многим складчатым системам Евразии и Америки.

Весьма замечательна, как уже отмечалось, группировка складчатых дуг по восточной окраине Азиатского материка. Складчатые цепи образуют здесь дуги, обращенные выпуклостью к океану и своими концами примыкающие друг к другу таким образом, что получается картина как бы гирлянд, окаймляющих восточную окраину величайшего материка земного шара. Особенно резко такая именно группировка выражена не на горах, располагающихся непосредственно на окраине самого континента, а на цепях островов, сопровождающих, отступая на некоторое расстояние в океан, окраину материка. Там, где дуги примыкают одна к другой своими загнутыми к западу концами, тектоника достигает особой сложности. В общем картина расположения складчатых горных цепей по восточному побережью Азии во многом разительно отличается от той, какую мы видим на западном берегу обоих американских континентов.

Здесь не место вдаваться в анализ возможных причин отмеченной замечательной группировки складчатых систем по восточной окраине Азии, тем более, что многое в этом отношении до сих пор еще остается весьма темным и спорным. Китайский геолог Ли, посвятивший специальную работу разбору замечательного расположения складчатых цепей в восточной Азии, склонен объяснять его общим движением Азиатского материка к югу и востоку (в сторону океана), причем масса материка испытывала не только поступательное, но и вращательное движение. Аналогичные явления, впрочем, наблюдаются и в некоторых других странах в области распространения молодых складчатых гор.

Мы остановились вкратце на особенностях расположения в плане складчатых гор потому, что ими в немалой степени определяются и некоторые особенности расчленения таких гор проточными водами. Кроме того, с ними тесно связано расположение сопровождающих эти горы впадин (тектонических) и внутриконтинентальных высокогорных плато.

Если к этому прибавить то прямое влияние, какое эти горные возвышенности оказывают на направление воздушных течений и, следовательно, опять-таки на темп работы экзогенных агентов, то станет ясно, какую огромную роль играют в определении крупных черт морфологии континентальных массивов те или иные особенности географической группировки складчатых горных цепей.

Все только что сказанное относится преимущественно к молодым в геологическом смысле этого слова, т. е. окончательно сформировавшимся к концу третичной эпохи, складчатым цепям.

Что касается более древних складчатых гор, то хотя первоначально они также развивались на месте геосинклиналей и вне всякого сомнения обладали точно такими же чертами географической группировки своих составных частей (складок и комплексов складок), но впоследствии длительные процессы денудации и дизъюнктивные дислокации значительно исказили и затемнили этот

первоначальный план, так что в более древних — каледонских и германских — складках он может быть реставрирован не без труда.

Для молодых складчатых горных цепей характерно в общем совпадение орографических очертаний с геологическими структурами. Это выражается в том, что оси отдельных складок и комплексов складок вытянуты по направлению самой горной цепи, и изгибы последней нередко находятся в полном соответствии с изгибами самих складок или же с длинными осями складчатых покровов. Разумеется, сказанное касается только общих черт строения: в отдельных отрезках горной системы могут наблюдаться значительные отклонения от такого совпадения, особенно в тех случаях, когда наряду со складчатостью в оформлении горных цепей видную роль играют и дизъюнктивные дислокации.

В древних складчатых массивах, разбитых сбросами и сдвигами, т. е. в тех категориях, которые мы условились называть *глыбовыми, сбросовыми, горстовыми горами*, сплошь и рядом не наблюдается никакого соответствия между очертаниями горной цепи и ее пликативными структурами.

### Общие замечания о геоморфологической эволюции горных стран.

Морфологическая эволюция горных стран и конечный ее результат — современные формы — могут быть поняты вполне лишь тогда, когда в каждом отдельном случае мы будем одновременно учитывать полностью и особенности работы экзогенных сил (активный фактор), и геологическую структуру (эндогенный пассивный фактор), и роль тектонических и вековых, в частности изостатических, подвижек земной коры (активный эндогенный фактор).

Достаточно, при полном тождестве двух из этих факторов, изменения одного из них для того, чтобы конечный результат — современный рельеф — получился иным. С другой стороны, очевидно, что, если мы хорошо знаем геологический состав и строение известного участка горной страны, а также хорошо осведомлены о ходе и последовательности работы экзогенных сил, мы можем воспользоваться существующими формами для суждения о движении земной коры.

В самом деле, напишем уравнение:

*Конечные формы = эндогенные подвижки литосферы + геологический состав и структура + экзогенные процессы.*

В этом уравнении конечные формы — современный рельеф — нам известны; также достаточно хорошо известны являющиеся постоянными третий и четвертый члены. Что касается второго, то его темп с течением времени подвержен изменениям, характер которых можно выяснить путем решения написанного уравнения, если нам известны три его члена. В этом заключается громадная роль морфологического анализа, как метода для решения вопросов геологического порядка.

В сущности, этот метод уже был, хотя быть может и не в достаточно отчетливой форме, использован в работах Рихтго-

фена (особенно касающихся морфологии морских берегов), в работах Девиса, А. Пенка и целого ряда их последователей для заключений о колебаниях земной коры. В частности А. Пенком он был уже блестяще применен для восстановления некоторых моментов из прошлой истории развития равнин. Но до последнего десятилетия он применялся лишь попутно, между прочим, в качестве вспомогательного приема для решения главной задачи — выяснения генезиса рельефа и установления закономерной систематической смены одних форм другими. Его роль, следовательно, была вполне подчиненной, служебной, и пользовались им лишь в определенных частных случаях, например, делая выводы об опусканиях или поднятиях суши для объяснения формы морских берегов, о поднятии суши для объяснения наличия высокогорных равнин, об опусканиях суши для объяснения мощных накоплений осадков в равнинах аккумулятивного происхождения и т. д.

Более существенное и глубокое значение этот метод начинает приобретать в руках современных геоморфологов, особенно как орудие для выявления темпа и амплитуды колебаний литосферы в тех случаях, когда простые наблюдения над тектоникой оказываются для этой цели недостаточными. На особенном значении этой стороны морфотектонического анализа настаивает В. Пенк. Он справедливо отмечает, что наблюдения над формами залегания слоев, на которых до сих пор базируются по существу все тектонические построения, дают возможность ответить лишь на вопрос о начале и конце известной серии движений земной коры в пределах общей геологической хронологии. Ни о темпе, ни об интенсивности этих движений, ни о замедлениях или ускорениях последних в те или иные моменты мы на основании залегания слоев вполне достоверных заключений вывести не в состоянии. Этот важный пробел может пополнить только *морфотектонический анализ*, приобретающий поэтому первостепенное значение при геологических работах.

### Горно-долинные ландшафты.

Мы будем называть *горно-долинными* те ландшафты, в рельефе которых первенствующую роль играют долины. От глубины и развития в ширину этих долин, равно как от способа сочетания их друг с другом как в вершинных частях, так и в расположенных более низко по течению отрезках, зависит и облик разделяющих отдельные долины повышенных частей рельефа. В наиболее характерном развитии мы находим *горно-долинные ландшафты* только там, где долинная сеть так густа и отдельные долины так сближены между собой, что могут определять собой целиком форму междолинных участков. А это может иметь место только в условиях достаточной водонепроницаемости грунта и достаточно влажного климата.

Общий характер рельефа горных стран, изрезанных долинами, определяется:

1. Преобладанием тех или иных типов поперечных профилей долин, включая в это понятие также и отношение ширины тальвегов к высоте склонов, и глубиной последних.

2. Густотой долинной сети и степенью ветвления отдельных долинных систем.

3. Отношением ширины долин к ширине междолинных возвышенностей.

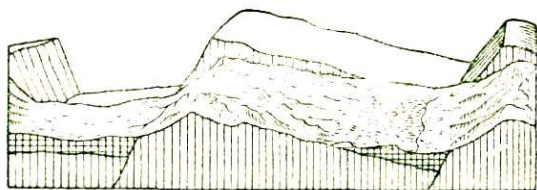


Рис. 92. Схема расчленения эрозией наклонных горстовых глыб (по Девису).

4. Относительными превышениями междолинных кражей и хребтов над тальвегами.

Чем гуще сеть долин, чем более сближены между собой соседние долины, тем в большей мере и общая форма междолинных возвышенностей и даже в известной мере их относительные высоты определяются поперечными профилями долин.

Если мы представим себе, что массивная, мало расчлененная по верху возвышенность рассекается сначала редкой сетью типичных эрозионных с узким тальвегом долин, то первоначально междолинные участки будут иметь вид широких плоскогорий, круто спускающихся к эрозионным бороздам. По мере сближения между собой отдельных долин верхние части возвышенностей будут суживаться, пока склоны долины не начнут на известной высоте пересекаться между собой; тогда долины будут разделяться острыми краями, склоны которых целиком совпадают со склонами соседних долин, между тем как гребень уподобляется в поперечном сечении коньку двускатной крыши (рис. 92).

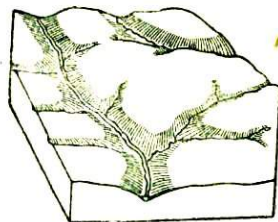


Рис. 93. Ранние стадии расчленения реками нагорья (по Девису).

Примерно такая же картина получится и в том случае, если среди сближающихся долин преобладает форма глубокого корыта с крутыми склонами (троги ледниковых долин), с тем разве отличием, что междолинные края в этом случае приобретают вид еще более суженных и острых гребней, с дикими зазубренными очертаниями по верху и с необычайно крутыми склонами.

При сближении между собой узких ущельеподобных долин с выпуклыми склонами междуречные высоты сначала приобретают очертания округленных по верху гор, спускающихся к долинным

бороздам скатами, более отлогими наверху и более крутыми внизу (в противоположность предыдущему случаю) (рис. 93). Этот тип междолинных хребтов накладывает особенно характерную печать на весь ландшафт в том случае, когда долинная сеть не особенно густа и самые долины врезаны на умеренную глубину.

Если долины имеют ящикоподобные профили с крутыми или вертикальными склонами и широкими поймами и сеть их довольно редка, междолинные высоты приобретают характер плато с крутыми скатами. При сильном развитии такой сети долин в промежутках между долинами уцелевают одиночные плосковерхие островные возвышенности (останцы, горы-свидетели).

При расчленении массивной или плоской, сложенной горизонтальными водопроницаемыми слоями, возвышенной страны глубокими каньонами в петлях долинной сети поднимаются плоские плато, падающие со всех сторон к долинам отвесными скатами или рядами террасообразных уступов. Такой характер междолинные высоты упорно удерживают до самых последних стадий расчленения рельефа долинными артериями, в конце концов, уцелевая в виде высоких, причудливо высящихся среди равнин разыва столбов с отвесными стенками. Об эволюции этого типа рельефа будет сказано подробнее ниже.

Само собой разумеется, что соседние долины в горной стране могут иметь и различные профили и различную глубину: в таком случае и разделяющие их высоты могут давать нам картины несимметричных профилей, падая к одной долине более крутыми склонами, чем к другой.

### Влияние эволюции рельефа на движения литосферы.

Было бы неправильно рассматривать вопрос о соотношениях между эволюцией рельефа и движениями земной коры слишком односторонне, т. е. считать, что последние являются первопричиной, а первый следствием.

Геофизика учит нас, что изменения форм земной поверхности, вызываемые денудацией и аккумулятивными процессами, непосредственно ведут к нарушениям равновесия масс в земной коре, так называемого *изостатического* равновесия. В результате на глубине в литосфере возникают динамические напряжения, которые могут разрешаться движениями, направленными к восстановлению нарушенного равновесия; но такие движения возникают не сразу, а после того, как напряжения достигнут величины, достаточной для преодоления инерции масс земной коры. Движения эти имеют характер вертикальных подъемов и опусканий отдельных участков литосферы, сопровождаемых перемещениями подкорových горячих магматических масс (рис. 94).

Кроме нарушения гравитационного равновесия, денудационные и аккумулятивные процессы ведут также к нарушениям термического равновесия внутри земли вследствие местных утолщений и утонений земной коры. В результате могут происходить значительные смещения геозотерм, а это в свою очередь может иметь

своим следствием значительные изменения в объемах охлаждающихся и нагреваемых толщ горных пород. По мнению некоторых исследователей, например Бови, расширения толщ горных пород в местах, где происходит подъем геозотерм, достаточны для того, чтобы вызвать большие вспучивания (подъемы) литосферы, а сжатия вследствие охлаждения, наоборот, могут вызвать оседания (опускания).

Комбинируясь с движениями, обусловленными гравитационными нарушениями, термические нарушения весьма сильно осложняют картину вызываемых эволюцией рельефа движений литосферы.

В существовании подобного рода перемещений подкоровых магматических масс в результате нарушений изостатического равновесия, вызываемых изменениями рельефа, в настоящее время никто не сомневается. Но не следует упускать из вида, что такие токи в известных случаях могут влечь за собой и более серьезные тектонические подвижки, чем простые вертикальные подъемы и опускания. Отсюда ясно, что между движениями земной коры и эволюцией рельефа в целом существует циклическая зависимость в том смысле, что каждая из этих переменных может в известные моменты играть роль причины, а в другие — роль следствия.

Некоторые геофизики, как например, известный американский ученый Деттон, а в новейшее время Бови, склонны даже в перемещениях масс, вызываемых действующими на земной поверхности экзогенными силами, видеть основную причину, являющуюся главным возбудителем различных движений литосферы и связанных с последними разнообразных дислокаций, вплоть до самых сложных и крупных орогенических движений.

15 Зак. 3842. Я. С. Эдельштейн.

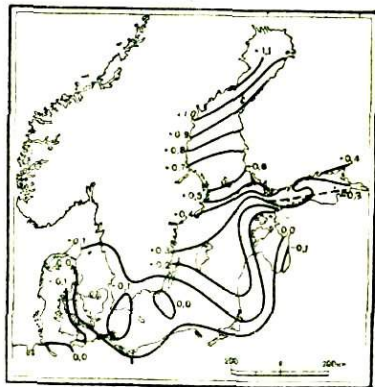
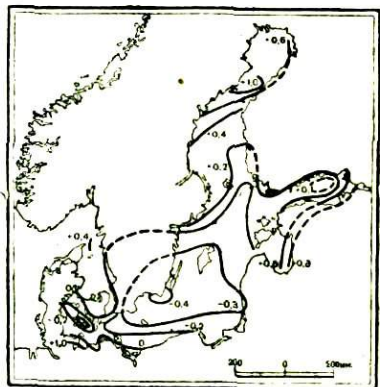
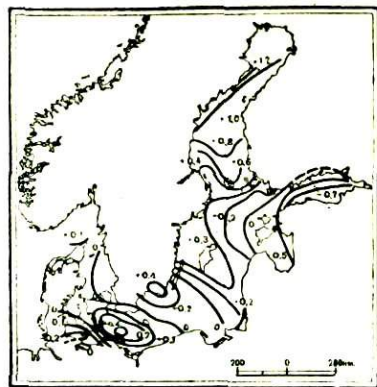


Рис. 94. Линии равных поднятий берегов Балтийского моря:

1 — поднятие с середины 1898—1900 по 1901—1903 гг.; 2 — поднятие с 1907—1909 по 1910—1912 гг.; 3 — поднятие с 1898—1900 по 1910—1912 гг.

## Расчленение долинами возвышенных стран, сложенных толщами горизонтально наложенных или наклонных слоев.

1. Представим себе достаточно возвышенную страну, сложенную перемежающимися друг с другом горизонтальными слоями, из которых одни легко пропускают воду, другие, наоборот, являются водонепроницаемыми. Проследим мысленно процесс ее расчленения проточными водами.

Допустим, что первый водопроницаемый слой лежит на самом верху, образуя поверхность всей страны. За ним книзу следует водонепроницаемый, дальше опять водопроницаемый и т. д.

Эрозия начинается с края страны, там, где она ниспадает более или менее крутыми скатами к морю или вообще к окружающим ее низинным пространствам. Грунтовые воды, скопляющиеся на поверхности водоупорных слоев в основании водопроницаемых пластов, будут в этих местах выходить наружу в виде источников, производя, таким образом, как бы подрыв или подкапывание водопроницаемых слоев, вследствие чего последние будут обрушиваться вниз по трещинам отдельности, образуя вертикальные обрывы, постепенно отступающие все дальше и дальше назад, в глубь страны. Стекая вниз по склону водоупорного слоя, грунтовые воды, совместно с потоками атмосферных вод, смывают их таким образом, что придадут им на выходах на дневную поверхность более или менее наклонный профиль. Нижележащий водопроницаемый слой опять обусловит собой появление на склоне горы вертикального уступа, за которым книзу снова будет следовать наклонный скат, соответствующий выходу водонепроницаемого пласта. Поэтому в профиле мы получим для такой возвышенности чередование вертикальных обрывов с наклонными поверхностями. Если, как это нередко наблюдается, водоупорные слои очень тонки, а водопроницаемые, наоборот, мощны, то весь профиль получит уступообразный характер, причем на горизонтальных или слабо наклонных поверхностях отдельных ступеней у подошвы крутых обрывов в большем или меньшем количестве будут накапливаться обломки, оторвавшиеся от водопроницаемых слоев в виде гряд щебенки и отторженцев, окаймляющих подошвы крутых уступов. Подвергаясь процессам выветривания и распада в мелкую щебенку и мелкозем, эти обломки более или менее быстро будут смываться и сноситься вниз выступающими у подошвы обрывов как грунтовыми, так и атмосферными водами.

Такая же точно картина будет наблюдаться и во всех тех долинах и боковых разветвлениях последних, которые прорезывают плато. В результате страна окажется расчлененной на участки, каждый из которых будет обладать ступенчатым рельефом. Некоторые специальные условия климата особенно благоприятствуют развитию такого рода геоморфологического ландшафта (пустынный и полупустынный, равно как холодный климат северных стран, где интенсивно идет распад под влиянием процессов выветривания накапливающихся у подошвы крутых уступов делювиальных продуктов).

В пределах СССР подобный морфологический ландшафт свойствен, например, некоторым областям среднесибирской платформы, сложенной слабо дислоцированными или почти горизонтально наложенными палеозойскими и мезозойскими толщами, чередующимися с пластовыми интрузиями вулканических пород (трапов). Общеизвестными примерами такого рельефа являются также область реки Колорадо в штате Аризона в Северной Америке, область развития меловых песчаников в Саксонии (так называемая Саксонская Швейцария), Земля Франца-Иосифа в Арктике и др. (рис. 95).

При более густом развитии сети долин, прорезывающих плато, в промежутках между отдельными долинами сохраняются площадки, падающие во все стороны уступами к днищам долин и увенчиваемые наверху участками плато, более или менее обширными, уцелевшими от денудации; такие междолинные плоскогорные участки носят в геоморфологии название *меза* (рис. 96).

Из сказанного вытекает, что уступы, развивающиеся на склонах долин, прорезывающих плато, по характеру своего генезиса должны быть строго отличаемы от настоящих речных террас: их поверхность знаменует собой не днище древней речной долины, как в настоящих террасах, а поверхность соприкосновения двух слоев различной водопроницаемости. В отдельных случаях возможно совпадение обеих поверхностей, но такие частные случаи существа дела не меняют.

В крайней стадии сокращения междолинных участков плато верхние площадки могут приобретать вид причудливой формы вертикальных столбов (Саксонская Швейцария) (рис. 97).

В странах с сухим климатом описанный процесс усиливается и ускоряется процессами дефляции, способствующими скорейшему распаду и эоловому развеванию целых пакетов горизонтально наложенных толщ. Отличие от той картины, какая описана выше для стран с умеренным климатом (влажных), заключается в том, что в аридных странах расчленение всей страны не связано так тесно с ростом и развитием долинной сети, как в первом случае, и совершается поэтому менее правильно и захватывает сразу большие площадки. В то же время и темп расчленения рельефа в верти-



Рис. 95. Расчленение эрозией горизонтально наложенных водопроницаемых пород (песчаников), Саксонская Швейцария.

кальном направлении идет не так последовательно и постепенно, как во влажных странах. Поэтому здесь нередко можно видеть останцы, разделенные промежуточными пространствами различной ширины и глубины. Хорошими примерами такого рода расчленения страны могут служить ландшафты, описанные Андрусовым в Закаспии (см. рис. 69) или Обручевым в Джунгарии («Золовый город») (рис. 98, 99).

2. Если страна сложена перемежаемостью гетерогенных (водопроницаемых и водоупорных) слоев, в общем полого наклоненных в одну сторону, то ее расчленение денудационными и эрозионными агентами пойдет иным путем. В промежутках между долинами,



Рис. 96 Расчленение эрозией водопроницаемых песчаников, Саксонская Швейцария.

режущими слои поперек, будут развиваться не столовые возвышенности типа «меза», а возвышенности, имеющие в поперечном профиле вид наклонных платформ, более или менее круто обрывающихся в одну сторону и полого наклоненных в другую, причем плоскость наклона совпадает с плоскостью падения слоев. На стороне, соответствующей крутым обрывам, обычно развивается не один уступ, а ряд уступов, чередующихся с примыкающими к их подошвам площадками или более широкими полосами, точно так же наклоненными в сторону общего падения толщи.

На возвышенностях между поперечными долинами, вдоль линий соприкосновения слоев различной водопроницаемости или вообще различной сопротивляемости денудации, развиваются второстепенные субсеквентные долины. Текущие в них реки, углубляя свои ложа, врезаются до наклонной поверхности твердого слоя, подстилающего мягкие пласты, и в таком случае начинают или скользить по этой поверхности в направлении общего падения толщи.

или же врезаются в подстилающие твердые слои. В последнем случае, разобранным Рихтгофом, они оказываются как бы «захваченными» в твердую раму и дальше могут вырабатывать в ней только симметричную эрозионную долину. В первом же случае их долина приобретает резко выраженный несимметричный поперечный профиль: крутой склон соответствует обрыву (выходу) твердого слоя, залегающего выше того, по которому река проложила себе путь, пологий — совпадает с висячим боком твердого слоя, подстилающего последний. Долины такого профиля носят название *моноклиальных*. Разделяющие их острые края точно так же представляются в поперечном профиле несимметричными. Они называются *моноклиальными*, а при умеренном наклоне к горизонту слагающих их слоев их называют нередко в геоморфологии также *куэстами* (рис. 100).

Что касается поперечных долин, то, как сказано, они имеют вид типичных эрозионных врезов в земную кору с более или менее симметричным поперечным профилем. На стороне, соответствующей крутым обрывам, они сравнительно коротки, круты и нередко ущелисты — *обсеквентные* долины; на противоположной стороне развиваются более длинные и полого падающие *консеквентные* долины.

Ступенчатый рельеф, развивающийся описанным выше образом на горизонтально наслоенных толщах, можно назвать *лестничным* или *слоисто-ступенчатым*. Ландшафт, возникающий на полого наклоненных в одну сторону толщах, нередко обозначают термином *куэстовый*.

Необходимой предпосылкой для развития ступенчато-слоистого рельефа является, как мы видели, наличие толщи чередующихся более стойких против денудации и более податливых слоев, наслоенных или горизонтально или довольно полого. Кроме того некоторые геоморфологи считают, что столь же существенным моментом является *предварительное доведение страны до состояния предельной равнины* и последующее сводообразное вспучение последней. Такой ход событий обозначается, как «двущикловый» процесс развития ступенчато-слоистого рельефа. Другие геоморфологи отрицают неизбежность такого двущиклового хода выработки дан-

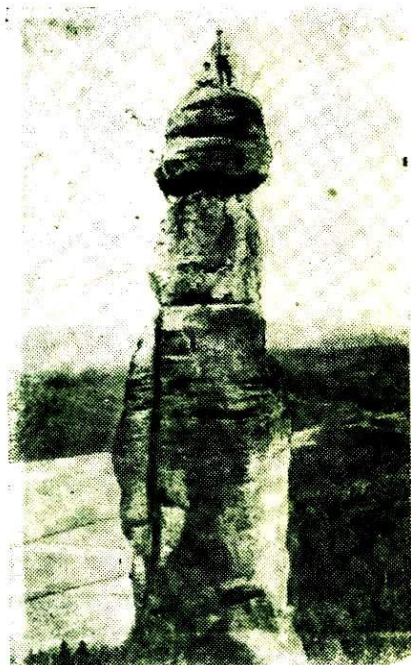


Рис. 97. Эрозионный останец, Саксонская Швейцария.

ного ландшафта и полагают, что любая возвышенная страна, построенная геологически так, как указывалось, при длительном воздействии денудационных агентов даст в конце концов такой рельеф. Опыты Вурма, о которых говорилось в своем месте выше, дают основание думать, что и тот и другой путь образования слоисто-ступенчатого ландшафта в природе может иметь место. Но не мешает оговорить, что развившийся слоисто-ступенчатый ландшафт, при длительной денудации все равно может пре-

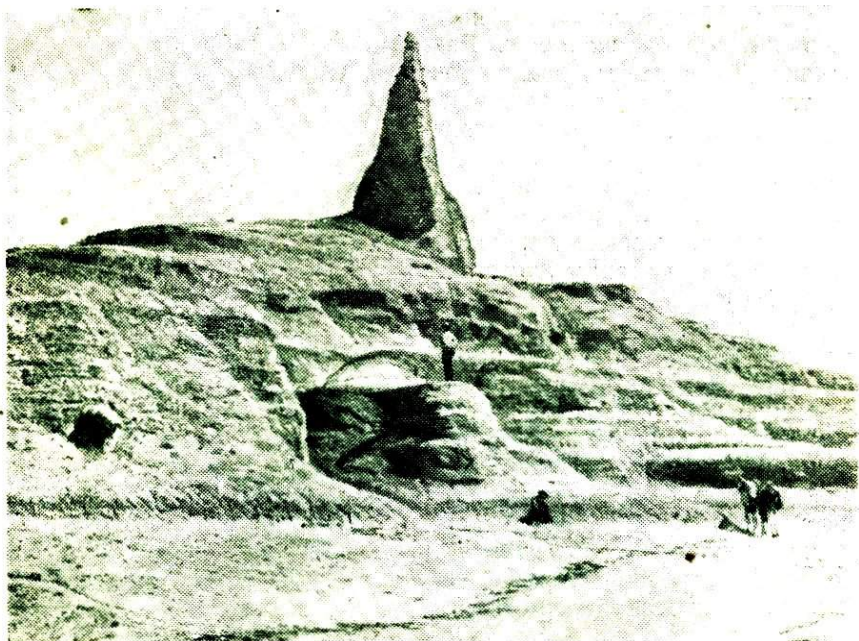


Рис. 98. Дефляционные останцы, Китайская Джунгария (из очерка В. А. Обручева „Золотой город“).

вернуться в почти-равнину, которая затем, будучи приподнята, даст вновь объект для выработки такого же рельефа.

Типичным примером такого рода ландшафта может служить Швабская Юра между Дунаем и Неккаром, построенная из толщи юрских слоев, полого наклоненных к югу, в сторону Дуная, и крутыми уступами обрывающихся к северу. У нас подобный же весьма типичный рельеф развит по северному склону Кавказа, затем в предгорных зонах некоторых Памиро-Алайских хребтов, в Минусинском крае, в области развития полого-складчатого девона, и в других местах.

Как видно из сказанного, переход от горизонтального слоисто-ступенчатого к куэстовому ландшафту совершается весьма незаметно и обусловлен исключительно величиной наклона слоев к горизонту (рис. 101).

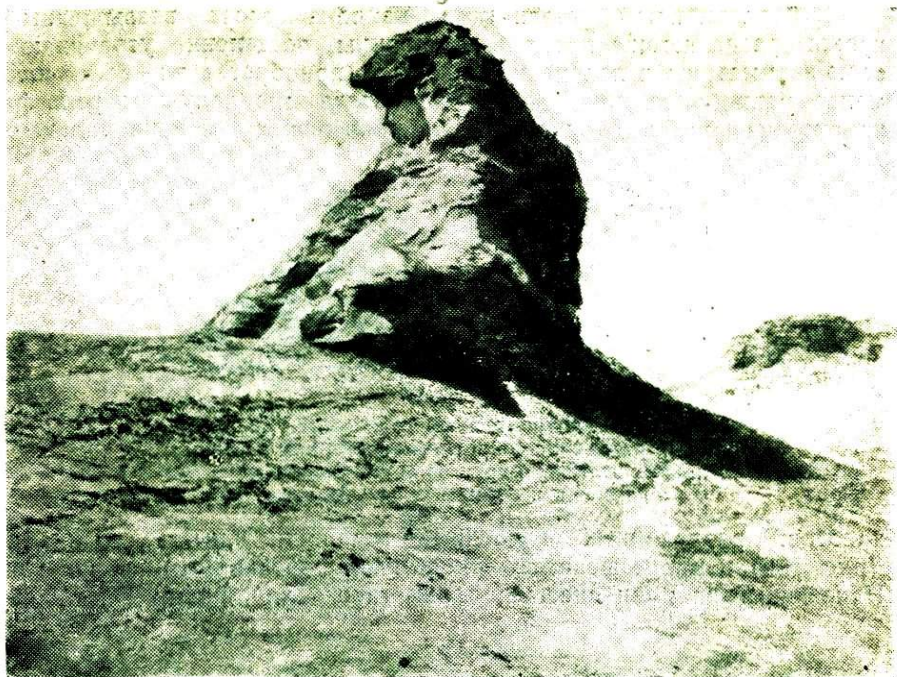


Рис. 99. Башня „Колдунья“ у южного подножия северной гряды второго золотого города (фото В. А. Обручева).



Рис. 100. Моноклиналильные гряды меловых песчаников между Душеном и Акмышем, Мангышлак (фото Н. И. Андрусова).

При дальнейшем увеличении наклона слоев возвышенные края, разделяющие продольные долины, постепенно утрачивают свою асимметрию в поперечном профиле, приобретая вид более или менее равнобоких краев. В результате мы получаем рельеф, характеризующийся развитием параллельных моноклиальных

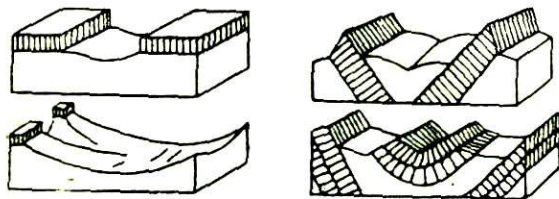


Рис. 101. Развитие долины в области, сложенной слоями различной сопротивляемости, при различных условиях налегания друг на друга, мощности и наклона слоев к горизонту (по Мартонну).

хребтов, разделенных глубокими моноклиальными долинами (рис. 102) и прорезываемых поперечными эрозийными долинами. Нанесенные на план системы долин такого ландшафта дают кар-



Рис. 102. Моноклиальные края в Малом Балхане (фото А. Д. Нацкого)

тину настоящей решетки. При достаточной глубине долин и соответственном развитии в вертикальном направлении междолинных краев страна приобретает черты горного ландшафта. В природе такой тип ландшафта бывает связан и генетически и морфологически (путем незаметных переходов) с куэстовым и ступенчатым ландшафтом (примеры мы имеем в юго-восточной Англии, а у нас — в Минусинском крае, в упоминавшейся уже области развития так называемого минусинского девона).

## Преобразование денудационными и эрозионными процессами правильно построенных складчатых стран.

Разберем наиболее простой случай. Допустим, что страна построена из систем параллельных прямых складок (антиклиналей и синклиналей).

Допустим также, что топографическая поверхность совпадает со структурной (тектонической) поверхностью. В такой стране с самого начала разовьется решетчатая система долин, в которой роль главных стержней будут играть продольные долины, располагающиеся по направлению синклиналей, между тем как их притоки будут представлены реками, частью стекающими со склонов антиклинальных кражей, частью прорывающими эти последние в виде поперечных ущелий (сквозных долин). Первые в Швейцарии называются *val*, вторые *guz* и третьи *cluse*. В свою очередь боковые притоки этих поперечных долин будут располагаться в продольном направлении в виде субсеквентных долин, следующих границе соприкосновения слоев различной сопротивляемости размыванию. Они, следовательно, будут представлять долины изоклинальные (моноклинальные), разделенные моноклинальными краями. Их называют в Швейцарии *combe*.

Иной вид могут иметь лишь продольные долины, возникающие на самом своде антиклиналей, где для развития боковых долин второго порядка с самого начала создаются благоприятные условия, так как именно здесь изгибающиеся слои чаще прорезываются системами продольных трещин. Если под верхними прочными пластами антиклинали залегают более мягкие слои, то продольные притоки в них начинают быстро углублять свое ложе в ядро антиклиналей, пока не достигнут уровня более низкого, чем тот, на котором текут реки в продольных синклинальных долинах (рис. 103). В таком случае при соответственном положении главного базиса эрозии может получиться *инверсия* (извращение) рельефа, заключающаяся в том, что

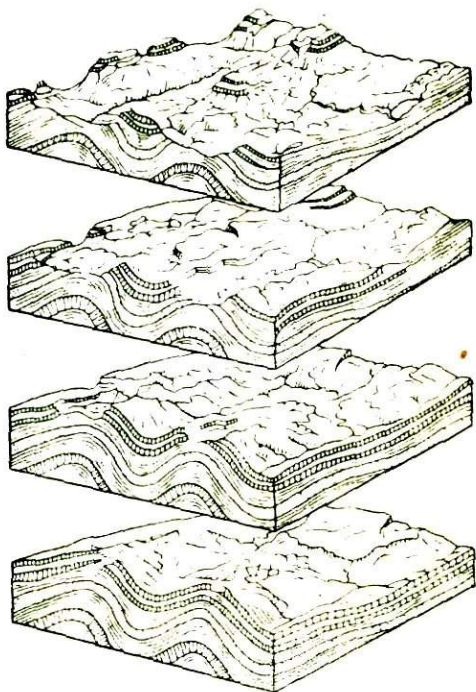


Рис. 103. Схематическое изображение развития антиклинальной долины при постепенном эрозионном расчленении складчатой страны (по Мартонну).

продольные синклинальные долины окажутся, в конце концов, располагающимися на более высоком уровне, чем продольные антиклинальные долины, которые теперь путем перехватов превращаются в главные долины (рис. 104).

Интересный пример расчленения эрозией и денудацией дают Аллеганские горы в центральной Пенсильвании. По Девису, их современный рельеф выработался в результате трех эрозионных циклов следующим образом.

Аллеганские горы слагаются мощными толщами перемежающихся плотных песчаников, мягких сланцев и известняков, согнутых в ряды правильных прямых складок (синклиналей и антиклиналей). В прежнее время эти мощные системы складок, вытянутых в общем в северо-восточном направлении, достигали большой высоты. Но затем в результате длительного эрозионного цикла страна была сnivelирована до степени почти-равнины. После этого страна испытала поднятие на высоту 200—300 м. Произошло

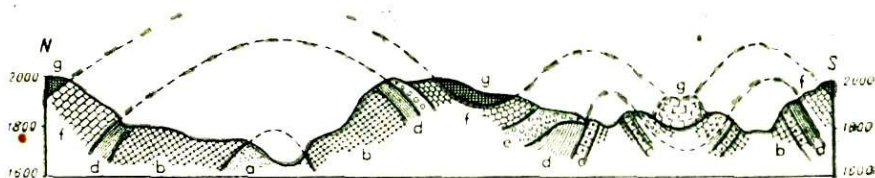


Рис. 104. Инверсия рельефа в горах Отави в юго-западной Африке (по Егеру)

*c-c* — антиклинальная долина; *g* — синклинальная долина.

омоложение эрозии, приведшее к тому, что на месте полос из мягких сланцев выработались субсеквентные долины, между тем как твердые песчаники уцелели в виде узких длинных кражей с мало расчлененными гребнями, там и сям прорываемых поперечными ущельями. Затем сравнительно совсем недавно снова произошло поднятие на 130—300 м, вследствие чего реки начали врезывать новые долины в днища широких субсеквентных долин, образовавшихся на месте полос мягких слоев в предыдущем цикле эрозии. Это вызвало также понижение базиса эрозии боковых притоков, которые в местах пересечения песчанниковых кражей не успели еще выровнять своего профиля и образовали поэтому в таких местах пороги. Разумеется, второй из упомянутых циклов был неполным (прерванным).

Так как антиклинальные складки в Аллеганях имеют наклонные к горизонту оси, то после отпрепарирования путем эрозии песчанниковых кражей эти последние дают теперь на поверхности страны зигзаговидные узоры.

В менее грандиозном масштабе такое же отпрепарирование твердых слоев в рельефе мы можем видеть и в Донецком бассейне.

Другим примером такого рода расчленения рельефа могут служить некоторые районы уже не раз упоминавшегося Минусинского

края, Девонские толщи, сложенные перемежающимися слоями твердых песчаников, мергелей, сланцев и известняков, образуют ряд широких синклиналей, располагающихся на левом берегу Енисея и своими замкнутыми концами обращенных на запад. И здесь страна недавно пережила омоложение эрозии, о чем достаточно убедительно свидетельствуют высокие древние террасы по склонам долины Енисея, поднимающиеся на высоту до 60—80 м над современным уровнем реки. Рельеф, в предыдущем эрозионном цикле значительно снивелированный, после происшедшего понижения базиса эрозии вновь был расчленен таким образом, что более стой-



Рис. 105. Моноклиальный кряж Туран по р. Енисею. Минусинский край (фото Я. С. Эдельштейна).

кие песчаники сохранились в виде кряжей, рельефно выделяющихся на фоне пониженных пространств, соответствующих подвергшимся более интенсивной и глубокой эрозии слоям непрочных сланцев, мергелей и пр. Песчаниковые толщи и образуют те, нередко достигающие внушительной высоты моноклиальные кряжи, о которых уже упоминалось несколько раз. При геологическом картировании здесь можно удобно пользоваться легко прослеживаемыми на далекие расстояния выходами более стойких пластов для восстановления тектоники страны. Такой характер носит рельеф почти на всем пространстве так называемой Минусинской котловины (рис. 105). Наиболее молодые по возрасту (пермские) угленосные отложения, представленные толщами сравнительно мягких сланцев, сохранились поэтому только в наиболее пониженных частях страны (Приабаканско-Енисейская и Аскизская угленосные мульды).

## Расчленение денудационными и эрозионными процессами складчатых горных систем со сложной структурой.

Ход процесса расчленения в каждом отдельном случае при прочих равных условиях будет определяться индивидуальными особенностями тектонической структуры данной горной системы, равно как амплитудой и темпом тех эпейрогенических движений, какие испытывает при этом рассматриваемая страна.

Не следует забывать, что процесс расчленения начинается уже с первых моментов существования страны, после того как она выйдет из-под покрова водной оболочки. По мере выдвигания суши этот процесс будет усиливаться и в целом ряде подробностей изменять направление своей разрушительной работы. Мы можем



Рис. 106. Схема расчленения глыбового массива (по Девису).

здесь наметить лишь главные линии, по которым может идти этот процесс (рис. 106).

В первые фазы существования горной страны как суши водные артерии будут следовать в своем направлении топографическим уклонам поверхности страны, создавая консеквентные долины. Если выдвигающаяся суша имеет вид единого вала, то перво-

начально на его склонах разовьются консеквентные долины типа поперечных. Если она состоит из системы валов, более или менее параллельных, то одновременно начнут развиваться продольные и поперечные консеквентные долины, причем роль главных створов, естественно, будут играть первые. В случае медленного выдвигания страны на значительную высоту возможно, что уже к моменту завершения процесса эпейрогенического поднятия расчленение зайдет так далеко, что наряду с влиянием топографических уклонов начнет сказываться и приспособление дренажных артерий к геологическим структурам. Как бы то ни было, в полной силе это последнее явление обнаружится лишь после того, как первоначальная поверхность страны будет или полностью, или в значительной мере уничтожена эрозией. От большей или меньшей сложности тектонической структуры зависит также и относительный возраст развивающихся в горной стране долин. В случае, когда горная страна имеет вид простого вала, первыми разовьются поперечные долины, между тем как продольные будут относительно более молодыми. Если первоначально страна состояла из чередования параллельных хребтов, разделенных тектоническими понижениями, первыми разовьются продольные консеквентные долины, а поперечные будут следовать за ними по времени своего созревания.

Определяемая разницей в литологическом составе субстрата неодинаковая скорость эрозионного роста долин как в глубину, так и в длину, будет неодинакова, и процессы речных перехватов и инверсии рельефа нередко будут приводить к тому, что позже развившиеся долины впоследствии превратятся в главные, и наоборот, более древние с течением времени станут притоками более молодых. В каждом отдельном случае путем тщательного геоморфологического анализа приходится выяснять относительный возраст и ход эволюции долин данного горного ландшафта.

### Типы горно-долинных ландшафтов.

Уже отмечалось, что степенью развития долин и их сочетанием друг с другом определяются и характер вертикального расчленения рельефа и та картина, какую дает дренажная сеть в плане (при нанесении ее на карту). Что касается последней, то, следуя А. Пенку, можно выделить следующие типы долинных сочетаний:

1. *Радиально-лучистый* тип. Долины сближаются верховьями в одном каком-либо пункте или ареале, расходясь отсюда затем во все стороны. Этот тип свойствен горным массивам, высоко приподнятым в своих центральных частях и понижающимся к периферии.

Такое сочетание долин нередко наблюдается в глыбовых, особенно в горстовых горных возвышенностях, хотя оно может развиваться и в вытянутых горных цепях после того, как эрозионными процессами они будут расчленены на отдельные отрезки. Примером может служить массив Богдо-Ола в Восточном Тянь-Шане, массив так называемого Канского Белогорья в Восточном Саяне, с которого берут начало многие горные долины, направляющиеся к Тубе, Кану, Бирюсе и пр., массив Сен-Готард в Альпах, на котором сходятся верховья Роны, Рейна, Тичино и других более мелких долин (рис. 107).

2. *Перистый* тип (*группировка долин в плане напоминает перо*). С горной возвышенности, имеющей форму вытянутой цепи или вала и играющей роль главного водораздела, в обе стороны направляются долины, сближающиеся верховьями на главном водоразделе, который как бы играет роль центрального стержня или ости пера, между тем как возвышенности, разделяющие поперечные долины, в совокупности можно сравнить с бородкой пера. Центральная ось цепи может иметь или прямолинейную форму, причем долины противоположных склонов могут располагаться верховьями супротивно друг против друга, или же — что наблюдается весьма нередко — эти долины так глубоко врезаются в горную цепь своими вершинами, что истоками заходят друг за друга, и тогда главный водораздел приобретает в плане зигзагообразный вид. Такое расположение имеют многие азиатские горные цепи (Александровский, Кунгей и Терской-Алатау, Туркестанский, Гиссарский хребты, Сихотэ-Алинь, многие Бирманские горные цепи, некоторые отроги Памиро-Алайских горных хребтов и др.), затем

в Европе Пиренеи, южные части Апеннин, Бергамасские Альпы и пр., в Америке многие цепи Анд (так называемые *кордильеры*).

3. *Решетчатый* тип долинного ландшафта получается в том случае, когда в горной стране существенную роль играют системы хорошо развитых продольных долин, с которыми под более или менее прямыми или близкими к прямым углами встречаются боковые поперечные долины. В наиболее отчетливой форме этот тип ландшафта наблюдается в странах, довольно далеко зашедших в своем развитии, в которых, следовательно, долины уже успели в значительной степени приспособиться к геологическим структурам, как, например, на Урале. Но он не чужд также и некоторым

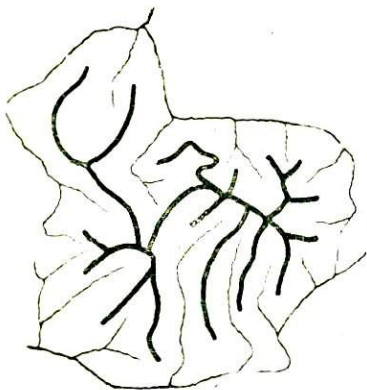


Рис. 107. Лучисто-радиальная группировка хребтов в Эццатальских Альпах.

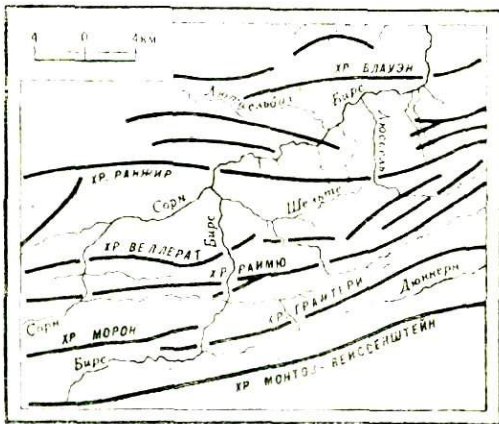


Рис. 108. Решетчатая группировка хребтов в Швейцарской Юре.

молодым альпийским горным странам, в морфологии которых с самого начала тектонические продольные долины играют важную роль, как, например, некоторым частям Альп, нашим азиатским горным цепям (рис. 108).

#### Зависимость проходимости горной страны от типа горно-долинного ландшафта.

Долины являются теми направлениями, по которым чаще всего в горных странах прокладываются пути сообщения. Поэтому большая или меньшая удобопроезжимость, а следовательно, и доступность любой горной страны находится в известной степени в связи не только со степенью вертикального расчленения ее рельефа, но и с типом ее горно-долинного ландшафта, как он представляется в плане.

Высокие горные массивы (горные узлы) с звездообразно расходящимися во все стороны глубоко врезанными долинами дают нам в целом ряде случаев примеры весьма трудно-доступных стран.

Так, высочайший горный узел Гармо (хребет Академии) на западной окраине Памира, в котором сходятся верховья рек Хингоу, Муксу, Ванча и др., принадлежит к числу наиболее труднодоступных частей Центральной Азии. Упомянутый выше массив Канского Белогорья в северо-западной части Восточных Саян, где высятся так называемые Фигуристые белки и откуда лучеобразно расходятся на юго-запад, запад, север и северо-восток реки Казыр, Кизир, Мана, Агул, Тагул, Бирюса и др., славится как одна из наименее доступных областей Восточного Саяна. Столь же труднодоступна и та массивная возвышенность Восточно-Саянских гор, которая известна под названием Тункинских и Китайских Альп и где сходятся верховьями реки Ока, Белая, Иркут, Джида, левые притоки Селенги и др. Такую же картину имеем у массива Хан-Тенгри в Тянь-Шане.

В горных цепях с перистым расположением долин перевалы приурочены к главному водоразделу и в зависимости от степени расчленения последнего отличаются большей или меньшей доступностью. В молодых складчатых горных цепях все же во многих случаях перевалы располагаются на весьма большой высоте, представляя немалые трудности даже для колесного движения, а при постройке железных дорог требуют прокладки длинных дорогостоящих тоннелей. Такие условия имеем в Альпах, на Кавказе, в Алайском, Гиссарском, Туркестанском и многих других хребтах Центральной Азии. Даже в не особенно высоких горных цепях такого рода сообщение между противоположными склонами сплошь и рядом бывает сопряжено с немалыми затруднениями. Примером может служить западная оконечность хребта Петра Великого в горной Бухаре, в пределах которой даже сравнительно невысокие перевалы — Яфуч и Камчирак — все же доступны только для пешего или вьючного движения. Даже в хребтах Каратюбинском и Байсун-Тау колесные пути были раньше проложены только через некоторые перевалы.

Решетчатый тип сочетания долин, как уже сказано, свойствен по преимуществу горным странам, зашедшим относительно далеко в своей морфологической эволюции, нередко таким, которые переживают уже второй или даже третий цикл эрозии (Алпеганы, Швейцарская Юра, средний и южный Урал). Поэтому, а также вследствие особенностей расположения долин, они отличаются и гораздо большей проходимостью, так как здесь поперечные долины весьма часто представляются сквозными (*долинами прорыва*). Пути сообщения, следуя по продольной долине, затем перевалив через какой-нибудь боковой невысокий горный отрог, попадают в поперечную долину, выводящую на другой склон хребта, затем вновь в отрезок продольной долины, по которому и идут далее до следующего перевала и т. д. Таким образом, пути сообщения без особенных затруднений могут быть проведены через всю горную страну, покрытую такой системой долин, описывая ломаную, зигзагообразную линию. Это обстоятельство имеет немаловажное значение при прокладке железных и шоссеиных дорог.

Несколько иными представляются условия в молодых горных странах: в них удобными для проложения магистральных транспортных линий можно считать, главным образом, продольные тектонические долины. Что касается поперечных долин, то, следуя по ним, часто приходится преодолевать трудные перевалы; и даже в том случае, когда эти долины поперек прорывают весь горный хребет, они являются в виде скалистых ущелий, по которым приходится прокладывать дороги с большими затруднениями и при условии производства капитальных технических работ. Примером может служить долина Енисея в том месте, где эта река прорывает Западно-Саянский хребет на пространстве между территорией Тувинской Республики и Красноярским краем.

К сказанному остается добавить, что в самых последних фазах эволюции, когда страна переходит в стадию горно-останцового долинного ландшафта, ее долинная сеть приобретает в плане вид неправильной сети, в петлях которой сохраняются в форме останцов дольше всего сопротивляющиеся разрушению денудационными агентами остатки прежнего возвышенного рельефа.

### **Разделение горно-долинных ландшафтов по характеру их вертикального расчленения.**

Общий облик горно-долинного ландшафта и общее впечатление, производимое им на зрителя, обуславливаются прежде всего и, главным образом, степенью и особенностями его вертикального расчленения. Само собой разумеется, что в этом отношении горные страны дают чрезвычайное разнообразие картин и почти каждая горная возвышенность обладает какими-нибудь специально ей присущими чертами. Но отвлекаясь от частных случаев, все же можно все горные ландшафты сгруппировать в следующие четыре категории: 1) *высокогорный* (по А. Пенку), *альпийский*, или *юный* (по Девису), ландшафт; 2) *среднегорный* (по А. Пенку), *горно-таежный*, или *зрелый* (по Девису); 3) *мелкосопочный*; 4) *горно-останцовый*, который немецкие геоморфологи называют *горно-островным* ландшафтом (Inselberglandschaft).

Последние два типа представляют уже в сущности переход от настоящих гор к холмистым странам.

Остановимся прежде всего на краткой характеристике первых двух типов.

Необходимо прежде всего оговорить, что в понятия «высокогорный» и «среднегорный» вкладываются не представления о каких-либо определенных относительных или абсолютных размерах тех или иных форм, а исключительно об особенностях их внешних очертаний.

### **Среднегорный ландшафт.**

*Среднегорный* (по-русски было бы удобно говорить горно-таежный, потому что этот тип ландшафта особенно распространен в горных частях Сибири), или *средневысотный*, ландшафт харак-

теризуется следующими общими чертами. Междуречные пространства представлены более или менее широкими, мягко очерченными или волнистыми хребтами, поверхность которых задернована или покрыта элювиально-делювиальными продуктами. Выходы коренных пород рассеяны на высших зонах хребтов спорадически, отдельными скалами, которые обычно представляют более стойко сопротивляющиеся выветриванию породы. К долинам верхние части хребтов спускаются выпуклыми профилями, которые в самом низу на изломе к днищам долин зачастую

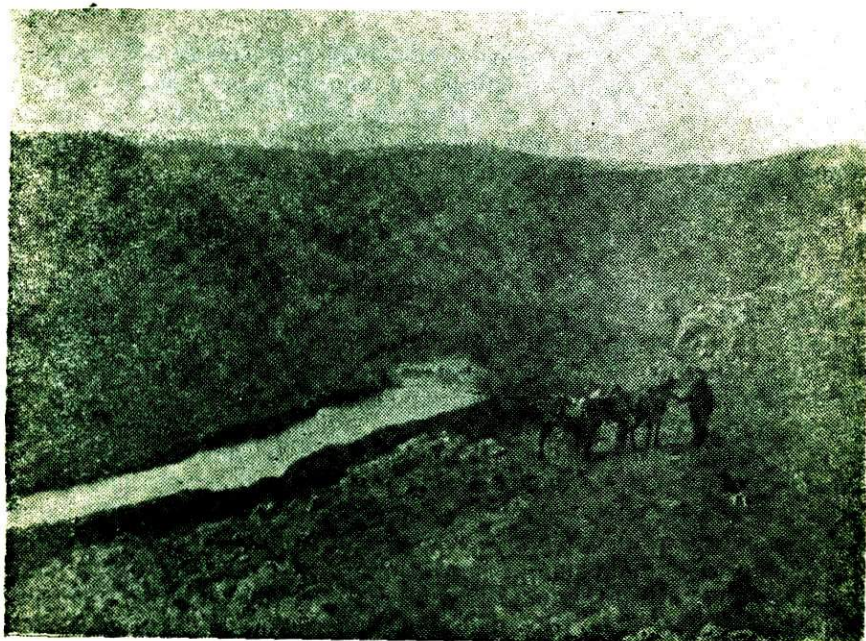


Рис. 109. Среднегорский рельеф. Минусинский край (фото Я. С. Эдельштейна).

сменяются вогнутыми, и именно в тех случаях, когда самые долины достаточно широки и обладают хорошо разработанной формой. В случае узких, глубоко врезаемых долин весь профиль склона рисуется в виде выпуклой наверху линии. В общем выходы коренных пород на верхних частях склонов не так часты (рис. 109). Большие обнажения приурочены преимущественно к нижним частям склонов. Пологость откосов и склонов и обилие продуктов элювиального распада создают условия, благоприятные, при наличии соответственных климатических условий, для развития богатой растительности на склонах и на поверхности междуречных возвышенностей, а растительный покров задерживающе влияет на эрозию. Интенсивность эрозионных процессов ослабляется тем, что крутизна склонов и отстояние высших точек от дна долин держатся в относительно скромных пределах. Таким обра-

вом, в конечном счете развитие этого типа горно-долинного ландшафта совершается сравнительно замедленным темпом, зависящим от условий эрозии.

В умеренном поясе Европы к этой категории относятся горы, обычно не превышающие 1500 м абсолютной высоты (например, Средне-Германские). Большинство горных систем южной и средней Сибири также характеризуется таким именно типом рельефа.

Необходимо прибавить, что среднегорный ландшафт может развиваться на участках литосферы, обладающих различным геологическим составом и строением (например, на известняках, гранитах, сланцах и т. д.).

Так как коренные породы в средневысотных горах большей частью бывают закрыты мощными накоплениями талюса, то размыв здесь мало считается с геологическими деталями, а потому ни в мезорельефе, ни в микрорельефе влияние разницы в геологических структурах не бросается в глаза.

### **Высокогорный горно-долинный ландшафт.**

От предыдущего высокогорный горно-долинный ландшафт отличается гораздо более резкими формами, обусловленными большей энергией эрозионных процессов и более энергичным выветриванием. Во многих случаях это зависит от значительных колебаний абсолютных и относительных высот, но нередко такой рельеф, характеризующийся большей обнаженностью коренных пород и большей крутизной склонов, целиком зависит от климатических факторов. Отсюда ясно, что даже сравнительно невысокие горы в условиях климата, неблагоприятного для развития растительности и, наоборот, благоприятствующего интенсивному выветриванию (в полярном и полупустынном климатах), могут иметь внешний облик, сходный с высокими альпийскими хребтами умеренного пояса. На Шпицбергене, равно как в некоторых других районах Арктики, горы даже сравнительно умеренной абсолютной высоты нередко обладают острыми расчлененными очертаниями, напоминающими альпийские страны. В умеренном поясе высокогорный ландшафт характерен в особенности для гор, поднимающихся выше снеговой линии (рис. 110).

Профиль склонов гор и эрозионных долин в высокогорных странах обычно характеризуется тем, что его крутизна сверху вниз постепенно убывает, давая в общем линию, обращенную вогнутостью кверху (рис. 111). В значительной мере это объясняется накоплением обильных осыпей на шлейфах высоких и крутых долинных склонов. Осыпи являются весьма характерным и довольно важным ингредиентом морфологии высокогорных стран. В зависимости от геологического строения они образуют то длинные шлейфы, тянущиеся вдоль подошвы гор, то системы конусов выноса, своими расширенными веерообразными концами спускающиеся к долинному ложу, а суженной вершиной поднимающиеся более или менее высоко на склон горы. При этом они оканчиваются или у подошвы высоких обрывистых скал, или же

кного конца глубоких и узких расселин, врезанных в скалы жестных в альпийских странах под названием *кулуаров*. Снаженность и крутизна верхних частей междолинных возвышенностей в высокогорных странах приводят к тому, что даже незначительные вариации в геологическом составе весьма резко проявляются на второстепенных деталях рельефа. Так, поставленные круто пласты горных пород разной сопротивляемости выветриванию, пересекающие хребет косо или вкост его простирающиеся обуславливают зазубренный продольный профиль гребня,

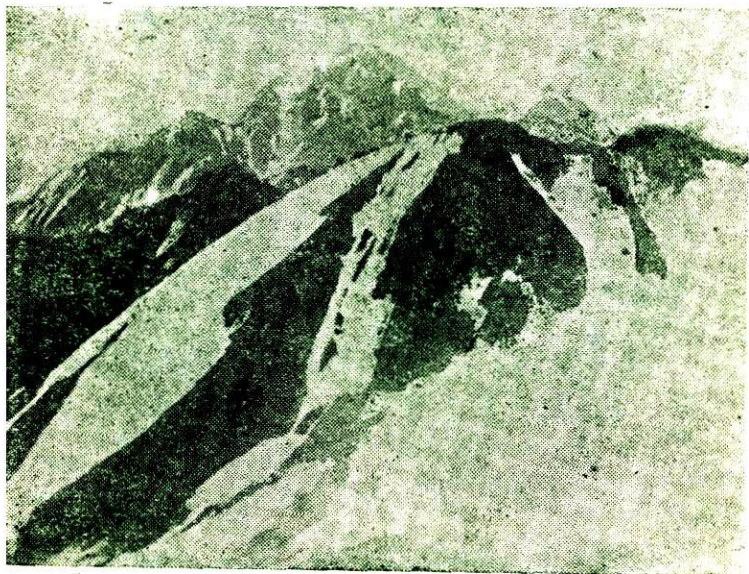


Рис. 110. Высокогорный рельеф, хребет Петра I (вид с перевала Гардан-и-Кафтар) (фото Я. С. Эдельштейна).

и зубцы соответствуют выходам более стойких слоев, а понижения между ними — более мягким или более трещиноватым и шибким. Кулуары и каминны часто располагаются именно по последним слоям<sup>1</sup> (рис. 113).

Если слои идут продольно (по направлению хребта), показывая наклон в одну сторону, то хребет отличается обычно несимметричным профилем, обрываясь отвесно в одну сторону и более пологим спускаясь в противоположную. При этом иногда и гребень оказывается состоящим из двух острых параллельных выступов, разделенных продольным углублением или бороздой, соответствующей выходу более мягкого слоя.

*Каминнами* называются вертикальные расселины в скалах, настолько узкие, что, упираясь коленями в одну стенку каминна, а спиной в другую, можно карабкаться вверх (рис. 112).

Иглы, зубцы, пики и пр. могут образовываться не только на высоких оголенных горах, сложенных осадочными, более или менее дислоцированными, но и массивными кристаллическими породами, особенно в том случае, когда последние разбиты или кливажными трещинами, или трещинами отдельности, обуславливающими неодинаковое воздействие выветривания на различные участки одной и той же породы.



Рис. 111. Высокогорный рельеф, хребет Петра I (фото Я. С. Эдельштейна).

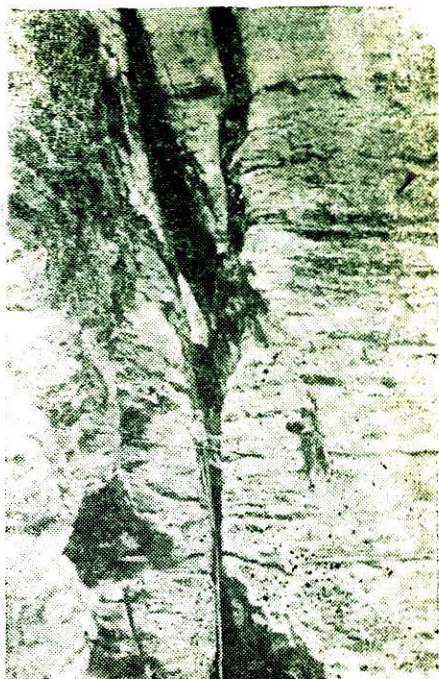


Рис. 112. Эрозионная вертикальная щель в песчаниках, Саксонская Швейцария.

С другой стороны там, где мы имеем толщи осадочных пород, прорываемых массивными, высокие иглы и пики нередко оказываются сложенными именно массивными породами, потому что последние лучше сопротивляются выветриванию, чем трещиноватые мягкие осадочные слои.

Чрезвычайно активную роль в формировании высокогорного рельефа играет снеговой покров и все тесно связанные с присутствием последнего явления интенсивного выветривания. Наиболее характерные морфологические образования, обязанные своим происхождением снеговому (горному, по терминологии Голмачева) выветриванию, суть кары, цирки и глубокие седловинные выемки в горах. Столь же характерны, хотя уже генетически и отличны, всякие и переуглубленные долины, до-

линные котловины, трог и пр. (о которых см. ниже). Все эти образования представляют типичные формы ледниковых областей и, следовательно, встречаются лишь в тех горах, где и теперь имеются ледники, или же в таких, где ледники пользовались развитием в прежние геологические эпохи.

Остановимся вкратце сначала на тех формах, которые связаны в своем происхождении с условиями выветривания, господствующими в зонах, лежащих выше снеговой линии, т. е. на каргах, цирках и седловинных выемках (рис. 114).

Любое место на горном склоне, где по условиям рельефа могут сохраняться многолетние накопления снега, является ареной

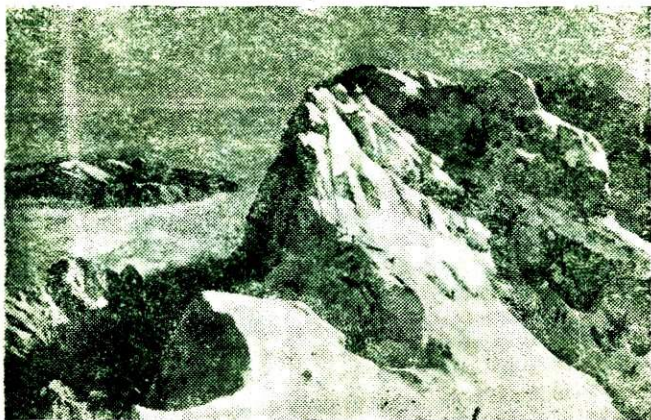


Рис. 113. Высокогорный альпийский ландшафт, Северные Альпы.

особенно интенсивного выветривания. Последнее проявляется наиболее сильно в местах соприкосновения снега с голыми скалами, следовательно, по окраинам снегового пятна и под ним. Здесь скалы сильнее всего увлажняются от таяния снега при повышении температуры воздуха, а затем, при замерзании проникшей в трещины воды, морозное выветривание действует именно здесь с наибольшей эффективностью.

Таким образом, всякое снеговое пятно способствует быстрому разрушению как вширь, так и вглубь, тех коренных пород, на которых оно поκειται. Получающиеся при этом, в результате распада горных пород, обломки камней и мелкозем частью скатываются вниз по снеговому пятну под влиянием силы тяжести, частью смываются по склонам струями талых вод. Скатывающийся крупный и мелкий материал скопляется частично у нижней окраины пятна и по бокам, между тем как на верхней, обращенной вверх по склону, окраине снегового пятна условия для задержки и накопления материала неблагоприятны. Поэтому здесь выветриванию предоставляются все новые и новые свежие участки скал,

так что у верхнего края снегового пятна идет наиболее быстрое разрушение склона и связанное с этим увеличение его крутизны.

На прилагаемом чертеже (рис. 115) схематически показана картина постепенного подтачивания склона горы *AB* действием лежащего на нем снегового пятна *CC* и стадии постепенного образования глубокой выемки на склоне горы (1, 2, 3). Из чертежа видно, что процесс мало-помалу ведет к увеличению крутизны задней стенки впадины, занятой снеговым пятном (1—1, 2—2, 3—3), и, наоборот, ко все большему и большему сползанию нижней части впадины. В конце концов, на склоне горы должны возникнуть нишеобразное углубление с очень крутыми задними и отчасти боковыми стенками и с весьма пологим, по-

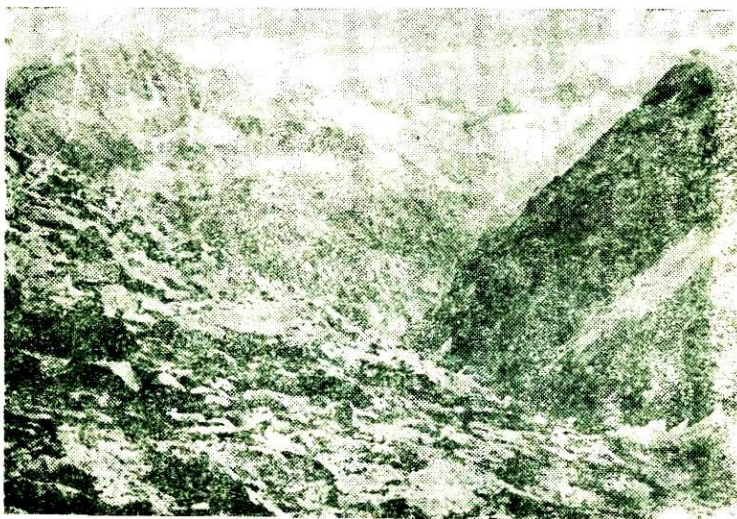


Рис. 114. Ледниковые цирки и кары в массиве Назалы-Баш, Кавказ (фото А. Л. Рейнсарда).

чти плоским дном, т. е. образуется форма, известная под названием *кара*. Для продольного профиля кара характерны два резких излома — у самой верхней закраины кара  $\alpha$  и у нижнего его края, там, где он открывается на склоне горы  $\beta$ . По мере роста кара увеличивается и его емкость, в нем накапливаются все более и более значительные снеговые массы, так что рано или поздно в нем может образоваться и зачаточный фирновый ледник, действием которого кар может подвергнуться некоторому дальнейшему углублению и преобразованию (рис. 116). В результате центральная часть кара может подвергнуться некоторому выпахиванию, между тем как по бокам, особенно же на фронтальной стороне, накопится смешанный элювиально-делювиальный и моренный материал.

Мы изложили вкратце те процессы, при помощи которых можно объяснить первоначальные стадии зарождения и развития

каров. В дальнейшем, после того как возникшая на склоне горы нишеобразная полость достигнет уже известной величины, в ней начинают накапливаться массы снега, достаточные для формирования зачаточных ледников. С этого момента начинается *ледниковая стадия* развития кара. Дно его начинает подвергаться обработке движущимся льдом, а в то же время процессы снегового выветривания продолжают попрежнему с той же интенсивностью подтачивать и увеличивать крутизну боковых и задних стенок ниши: по этой причине крутизна стенок продолжает расти, дно кара подвергается выпахиванию, сглаживанию и пр., у выхода из кара нагромождаются моренные валы и т. д. Если затем в силу изменения климатических условий ледник, залегавший в каре, исчезнет, в каре на месте прежнего карового ледника может остаться озеро (рис. 117), подпруженное моренами, из которого обычно вытекает ручей, низвергающийся по склону горы

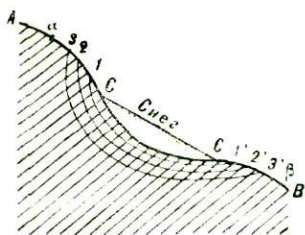


Рис. 115. Схема образования каров.



Рис. 116. Формирование каров (по Девису).

каскадом. Такие озера, залегающие в карах, весьма обычны в областях древнего оледенения Альп и других горных стран.

Возвращаясь вновь к первоначальным стадиям заложения и образования каров, необходимо оговорить, что было бы не совсем правильно совершенно отрицать роль текущей воды в их развитии.

Многие исследователи считают, что предпосылкой для образования каров являются водно-эрозионные формы, в частности водосборные воронки в верховьях рек и потоков, или же плоские ложбины стока, или, наконец, случайные ниши, и что только впоследствии эти формы преобразуются в кары снеговым выветриванием и гляциальной эрозией. Таким образом, даже те авторы, которые приписывают важную роль в первоначальных стадиях заложения каров проточной воде, не отрицают, что для окончательного их оформления неизбежно требуется участие снегового выветривания и ледниковая работа. Вопрос заключается лишь в относительном значении того или иного фактора в образовании каров. Те авторы, которые преимущественное значение придавали снеговому выветриванию, в частности энергичному выветриванию в так называемой *краевой трещине* по периферии ледников, как, например, Рихтер и Джонсон, выдвинули теорию, по которой решающую роль в данном случае имеет высотное положение

снеговой границы, чем и объясняется расположение каров горизонтальными рядами на определенной высоте в горах. Поэтому последователи этой теории часто пользуются высотным положе-

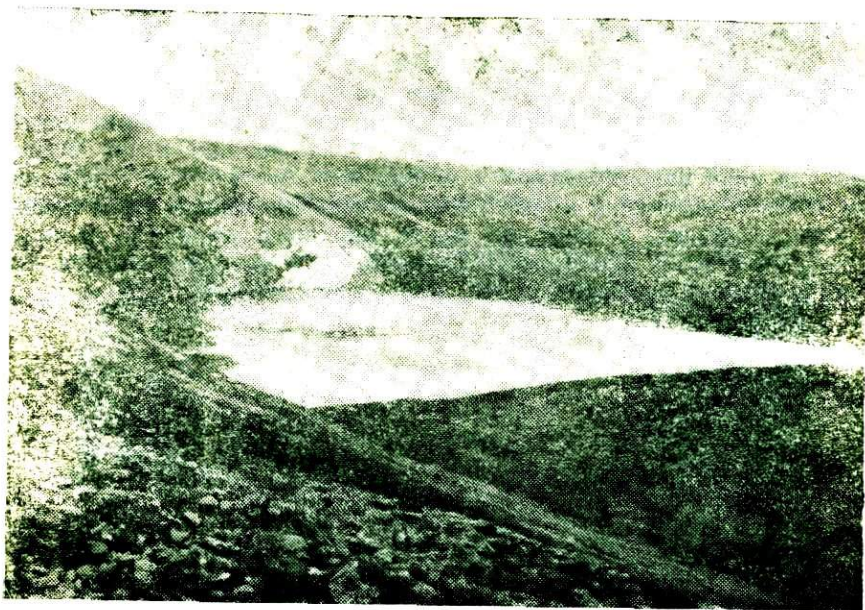


Рис. 117. Каровое озеро в Кузнецком Алатау (фото Я. С. Эдельштейна).

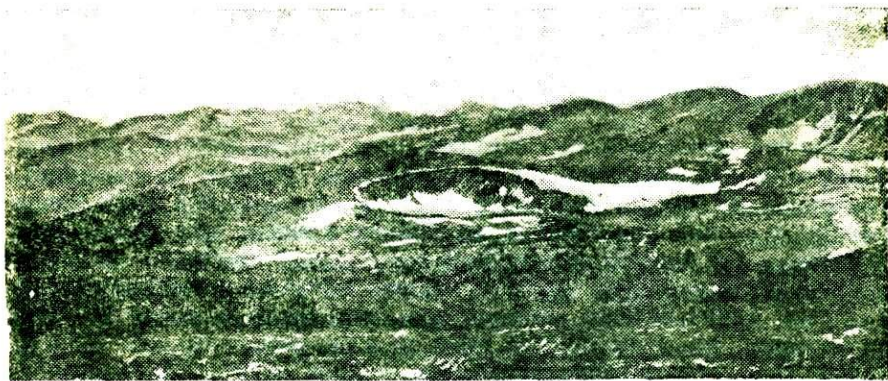


Рис. 118. Древнее кары на р. Каньгой в Кузнецком Алатау (фото И. П. Толмачева).

нием каров для определения высоты снеговой линии в ледниковое время. Однако Бургер справедливо указывает, что орографическая снеговая линия есть некоторая предельная величина, достигаемая снегами лишь в течение немногих дней в году,

а климатическая снеговая линия представляет отвлечение, основанное на некоторых ирреальных допущениях. Поэтому снеговая линия не может иметь того значения для расположения каров, какое ей приписывают сторонники указанной теории. Во всяком случае, влияние высоты снеговой линии совершенно отрицать не приходится, если только допустить роль ледниковых агентов в формировании каров, так как очевидно, что при таком допущении они могли развиваться только выше снеговой линии. С другой стороны, те ученые, которые склонны видеть в карах преобразованные вершинные воронки рек, ищут связь между современным расположением каров и вершинами древних гидрографических систем, утверждая, что своим положением кары отмечают верховья рек этой древней гидрографической сети и ее боковых притоков. Такой точки зрения придерживаются Фельз (вообще отрицавший роль ледников в формировании каров), затем А м п ф е р е р и в последнее время Б у р г е р, давший интересную сводку по вопросу о происхождении каров<sup>1</sup>.

Необходимо заметить, что по отношению к карам в наших сибирских горных системах такая точка зрения едва ли может быть безоговорочно принята (рис. 118).

Нередко кары располагаются один над другим, образуя так называемые «лестницы» каров; при этом, если они заняты озерами, имеющими сток, вытекающие из верхних каров ручьи, свергаясь в нижние, соединяют таким образом каровые озера между собой наподобие нити, на которую нанизаны отдельные бусы (озера).

Если кары одновременно развиваются на противоположных склонах горного хребта, то, возрастая вглубь, они, настолько сближаются, что, в конце концов, между ними остается лишь сравнительно узкий, острый гребень. С течением времени и этот гребень может обрушиться, и тогда в хребте возникает глубокая полукруглая выемка, образующая перевал между двумя соседними карами. Если путем только что описанного процесса сойдутся друг с другом две или больше пары каров, то возвышенная часть гребня, уцелевшая между ними, может получить форму пирамиды, иглы, пика и т. п. (рис. 119).

Ясно, что снеговое выветривание, независимо от геологического состава, должно приводить к весьма резкому расчленению высокогорных стран. Так как высота снеговой линии есть функция прежде всего климатических условий, то, очевидно, что расчлененные высокогорные формы должны в высоких широтах развиваться на гораздо более умеренных высотах, чем в умеренном поясе.

Кроме того, из сказанного с полной очевидностью вытекает, что высокогорный рельеф всегда представляет явление вторичное, не зависящее ни от геологического состава, ни от первоначального вида данной страны. Поэтому для данного рода морфо-

<sup>1</sup> E. W. Burger, *Strittige Fragen der Glaziölmorphologie*, Geographischer Jahresbericht aus Oesterreich, B. XVI, S. 14—41, 1933.

логического ландшафта не совсем может быть удобно применять термин «молодой», так как очевидно, что он может возникать и в довольно поздних стадиях эрозионного цикла, при наступлении благоприятных климатических условий.

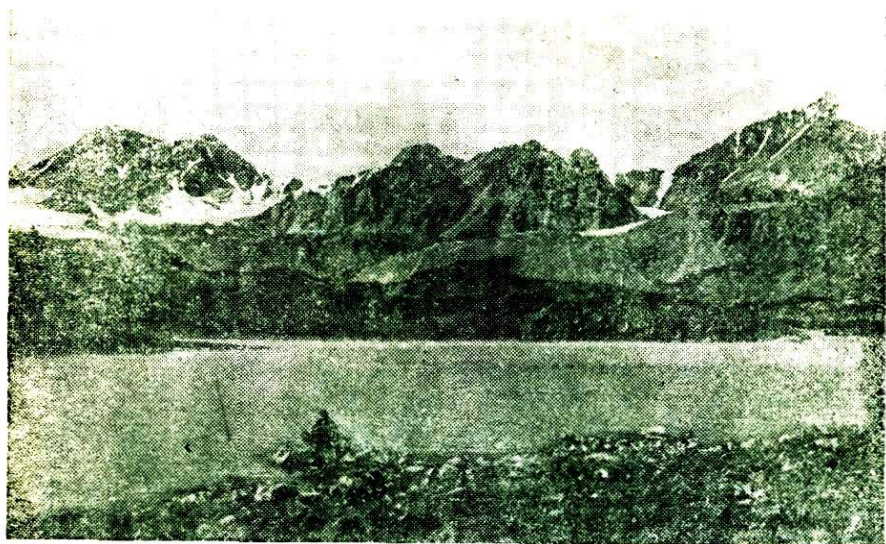


Рис. 119. Кары на вершине гор Дунду-Хайрхан в северо-западной Монголии (фото А. И. Педашенко и И. П. Рачковского).

### Горно-ледниковый ландшафт.

Коснувшись вопроса о карах и других формах, обязанных своим происхождением снеговому выветриванию в связи с деятельностью горных ледников, уместно будет подчеркнуть те специфические особенности, какие вообще накладывает на высокогорный ландшафт деятельность ледников и сопутствующих им физико-географических явлений. Эти черты настолько характерны, что вполне оправдывали бы выделение этого типа ландшафта в особую категорию *горно-ледникового* (рис. 120).

Отдельных элементов его мы уже попутно касались в предыдущем изложении. Здесь мы вкратце суммируем наиболее типичные его особенности, которые сводятся к следующему.

Верховья долин имеют большей частью форму более или менее замкнутых простых или сложных цирков. Случай полужамкнутых или открытых долин редки. Долины имеют ступенчатый продольный и корытообразный поперечный профили (троги) (рис. 121).

Ступенчатость продольного профиля объясняется тем, что эрозионная активность движущегося ледника обратно пропорциональна наклону ложа, по которому он движется, т. е. в данном

случае мы имеем результат, противоположный тому, какой дает проточная водная артерия. На пологих участках ледник, сильнее надавливая на свое ложе и плотнее прилегая к нему, в общем оказывает на него более энергичное изнашивающее действие, чем на крутых изломах, где масса льда как бы несколько отстает от коренного ложа (рис. 122).

Корытообразный поперечный профиль (трог) ледниковых, а следовательно, и подвергавшихся в прежнее время оледенению

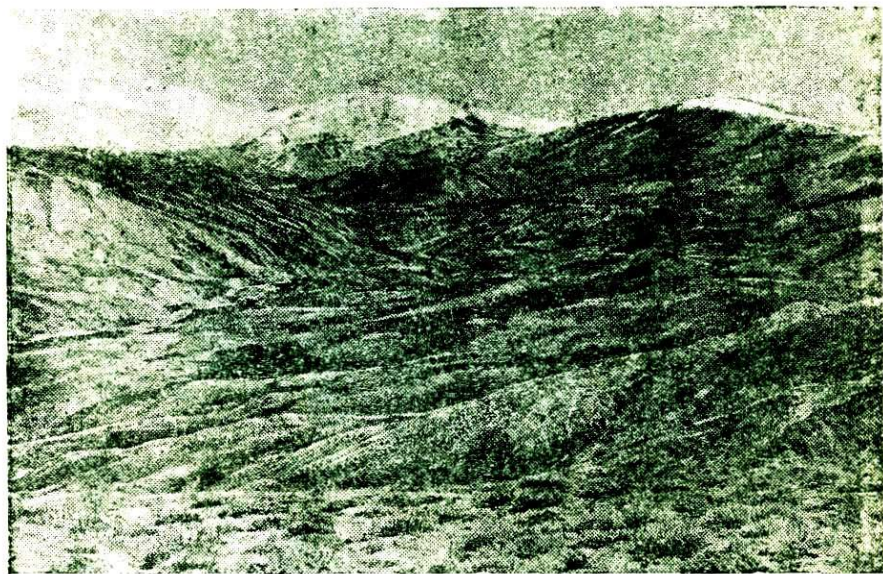


Рис. 120. Типичный моренный ландшафт, Памир (фото Г. Л. Юдина).

долин, вероятно, получается вследствие эродирующего действия ледника не только на долинное ложе, но и на бока долины до той, по крайней мере, высоты, до которой поднимаются бока ледника (рис. 123). Обычно принято говорить, что трог обязан своим происхождением выпаживающей работе ледника: действительно ли, однако, здесь имеет место настоящее механическое истирание коренных пород движущимися массами льда или же, что весьма возможно, здесь играет немаловажную роль также и физическое выветривание (в местах соприкосновения нижней поверхности льда со скалистыми ложами) — вопрос еще не вполне разъясненный. Вообще механизм происхождения трога нельзя пока считать выясненным во всех подробностях, и в этом отношении нужны еще дальнейшие исследования. Характерной чертой троговой части долин является отсутствие по бокам аллювиальных террас (рис. 124). Место на склоне долины, где происходит излом профиля вследствие смены крутой стенки трога более отлогим профилем вышележащей части склона, называют **плечом трога**. Известны, впрочем, случаи, когда в долинах, заведомо

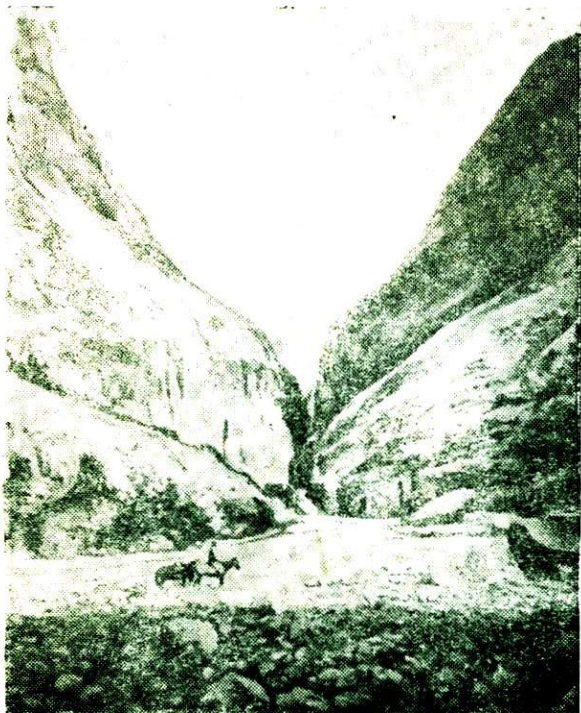


Рис. 121. Древний трог, прорезанный эрозивной долиной, западный Кичик Алай (фото Я. С. Эдельштейна).

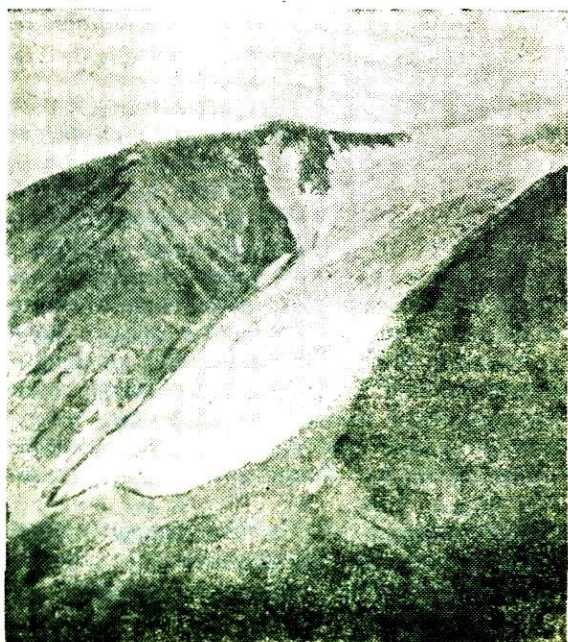


Рис. 122. Висячий ледник в хребте Яматай, Шили, северо-западная Монголия (фото А. И. Педашенко и И. П. Рачковского).

водвергавшихся оледенению, троговая форма по тем или иным причинам (например, вследствие сравнительной кратковременности оледенения или же в силу небольшой мощности ледника) не выработалась (некоторые долины Кавказа).

Дальнейшей характерной чертой является *переуглубление* главных долин по отношению к боковым. Оно объясняется более энергичным воздействием на свои ложа более мощных ледников главных долин по сравнению с боковыми. В местах соединения

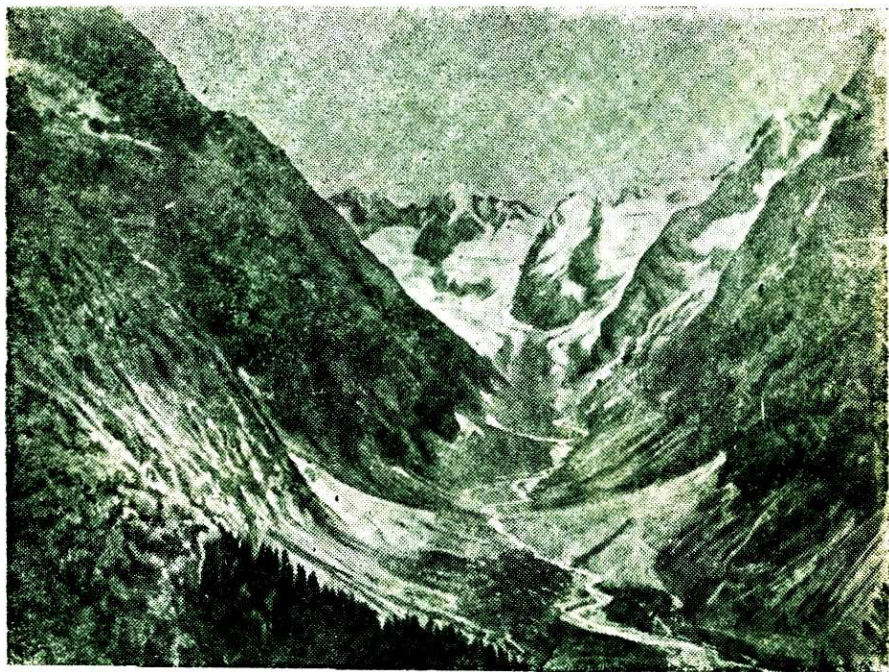


Рис. 123. Трог верхнего левого притока р. Гоначхир-Чу, Северный Кавказ (фото А. П. Герасимова).

боковых долин с главными и в местах изломов профиля нередко поперечные скалистые пороги (*ригели*) (рис. 125, 126). На поверхности ступеней часто лежат остатки древних морен, служащие иногда плотиной для озер, выполняющих неглубокие впадины в дне долины выше этих перемычек. Скалистые уступы как главной, так и боковых долин часто оказываются прорезанными глубокими эрозионными ущельями, возникшими после отступления ледника, или же с них свергаются водопады. Другого рода перемычки перегораживают долины в тех местах, где ледник долгое время находился в стационарном положении и нагромоздил конечные морены. Долинное ложе усеяно смешанным моренным и флювиогляциальным материалом (рис. 127). Боковые и срединные морены сохранились кое-где вдоль склонов и посреди до-



Рис. 124. Троговая долина в бассейне р. Теберды, Кавказ.

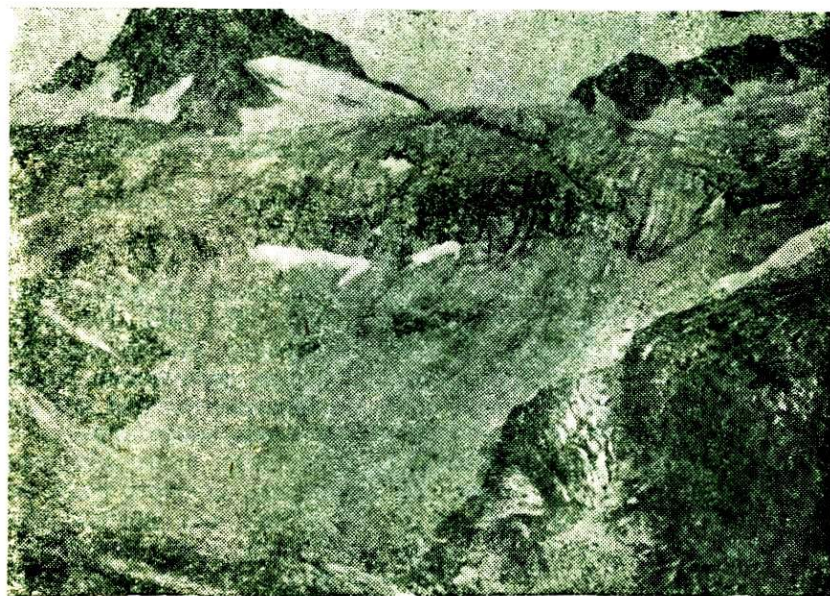


Рис. 125. Обработанные ледником скалы близ рудника Уллу-Муртчу-Су  
(фото И. С. Шукина)

дины в виде остатков продольных валов (рис. 128). К этому остается добавить наличие уже описанных одиночных каров и лестничных каров по склонам гор, а также некоторых характерных мезоформ и микроформ, как, например, обработанных ледниками скал, провальных озерков на моренах при стаивании погребенных в них кусков *мертвого льда*, так называемых *земляных пирамид*, возникающих при размывании атмосферными водами моренных толщ и т. п. (рис. 129, 130, 131).

Описанные характерные особенности рельефа, понятно, наблюдаются с наибольшей отчетливостью в районах древнего оледе-



Рис. 126. Обработанные ледником скалы в верховье Елджарского Черема, Северный Кавказ (фото А. П. Герасимова).

нения. Попутно надо заметить, что ими создаются благоприятные условия для использования водной энергии при постройке гидроэлектростанций в пунктах, где имеются водопады, стремнины и пороги.

Мы рассмотрели крайние случаи наиболее хорошо выраженных типов высокогорного и среднегорного ландшафтов. Но, само собой разумеется, между ними существуют и переходы. Весьма нередко в одной и той же горной стране в различных зонах мы имеем картины того и другого ландшафта. Например, в Кузнецком Алатау и в Западном Саяне в общем преобладают формы среднегорного (горно-таежного) ландшафта (рис. 132), но в отдельных зонах, особенно в гольцовых, поднимающихся выше границы лесной растительности, наблюдаются формы типично альпийского характера, приобретающие наиболее рельефный вид там, где сохранились следы древнего оледенения (рис. 133). В массивном горном узле на Канском Белогорье, в районе Фигуристых

белков, морфология альпийской страны выражена с чрезвычайной отчетливостью.

### Мелкосопочный и горно-останцовый ландшафт.

По мере эволюции горно-долинного ландшафта утрачиваются наиболее характерные черты как высокогорного, так и среднегорного ландшафтов. Долины, разрастаясь в ширину, мало-помалу переходят в образования, подобные равнинам; междуречные возвышенности, в свою очередь снижаясь в результате денуда-



Рис. 127. Террасы, сложенные флювиогляциальными толщами, хребет Петра I (фото Я. С. Эдельштейна).

ционных и эрозионных процессов, постепенно приобретают все более и более мягкие очертания, по внешнему виду приближающиеся к холмам. Чем дальше идет этот процесс, тем все больше и больше ступенчается роль долин в ландшафте. Мы получаем тогда скопления округлых холмов и возвышенностей, разбросанных как бы в беспорядке и разделенных системами более или менее широких понижений, то примыкающих к расплывчатым, без резко выраженных склонов, долинам, то имеющих характер неопределенной формы и очертаний лощин или котловин различных размеров, часто сухих, иногда же занятых озерами, болотами или солончаковыми пространствами (*кули, соры, бидайки*).

Такой рельеф получил в русской литературе весьма меткое на-

звание *мелкосопочника*. В чрезвычайно типичной форме он развит в Казанской степи.

Представим себе, что эволюция ландшафта зашла еще дальше — возвышенности еще больше снизились и сократились, пониженные между ними пространства, наоборот, еще более расширились. Мы получим тогда тот тип ландшафта, который приобрел в геоморфологии название *горно-останцового*, или *горно-островного* (*Inselberg*) (рис. 134, 135). Он характеризуется тем, что



Рис. 128. Моренный ландшафт по долине р. Балкарского Черема, Северный Кавказ (фото А. П. Герасимова)

среди более или менее обширных равнинных или почти-равнинных пространств разбросаны, наподобие островов среди моря, отдельные горы или отдельные группы гор. В весьма типичном виде он развит в некоторых странах внутренней Африки и в Индии.

Происхождение горно-останцового ландшафта, о котором уже говорилось раньше, вызывало разноречивые толкования в литературе. Некоторые авторы считали его результатом длительного господства особых континентальных (аридных) климатических условий и в случаях наличия его в областях, теперь достаточно увлажняемых, склонны были истолковывать его, как пример рельефа *диссонантного* (дисгармоничного). Действительно, в некоторых странах не только горно-останцового, но даже и мелко-сопочного рельефа различными авторами описывались нередко формы рельефа, невольно наводящие на мысль о господстве в прошлом

иных климатических условий. Таковы, например, многочисленные бессточные котловины в Казахской степи.

Но В. Пенк (и еще раньше Девиc) показал, что такое истолкование далеко не всегда можно считать правильным. Горно-останцовый ландшафт может развиваться как конечный результат длительного нормального эрозионного процесса (эрозионного цикла) при условии стабильного (устойчивого) положения базиса эрозии. В природе можно проследить все стадии перехода настоящего

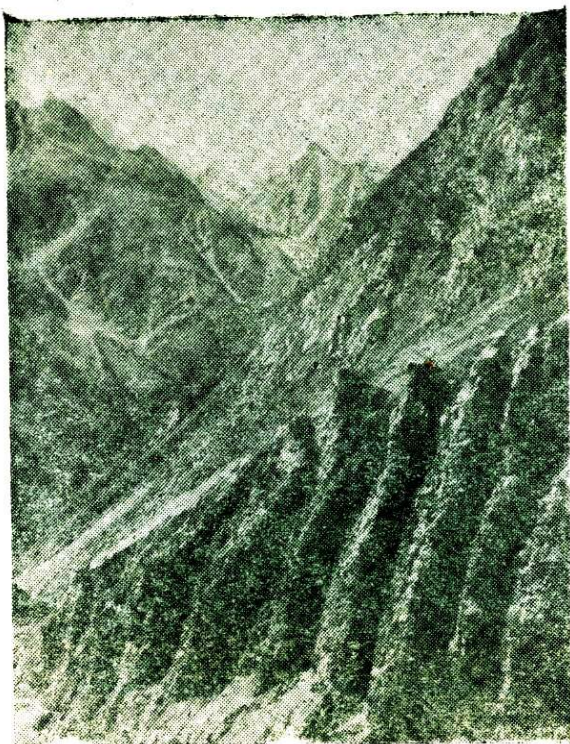


Рис. 129. Древняя морена с земляными пирамидами, Западный Памир (фото А. Г. Востогдина).

горно-долинного ландшафта в горно-останцовый. Мы уже видели, что главное отличие последнего от долинного ландшафта заключается в том, что в нем долины или чрезвычайно расширились, или совершенно утратили свои очертания, превратившись в равнины.

#### Верхний денудационный уровень А. Пенка.

Наблюдения показывают, что даже в сильно рассеченных горных странах, изобилующих отдельными высокими точками (пиками,

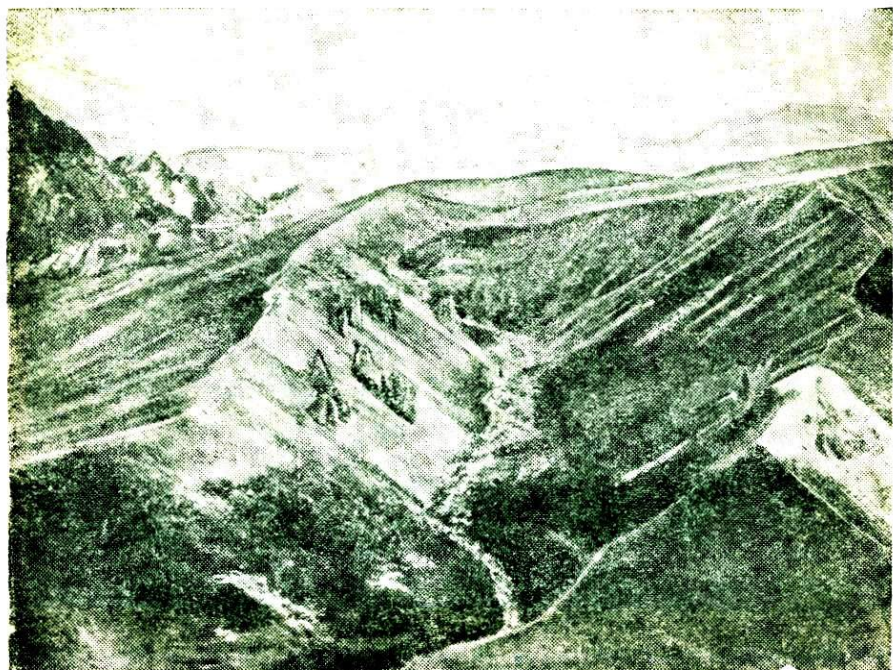


Рис. 130. Древние морены с земляными пирамидами на р. Кала-Кулак Су у подножия Эльбруса (фото А. П. Герасимова).<sup>2</sup>



Рис. 131. Земляная пирамида у подножия Эльбруса (фото А. П. Герасимова).



Рис. 132. Древнеледниковый моренный вал на р. Буйбе, Западный Саян (фото Я. С. Эдельштейна).



Рис 133. Древние кары в Кузнецком Алатау (фото И.П. Толмачева).

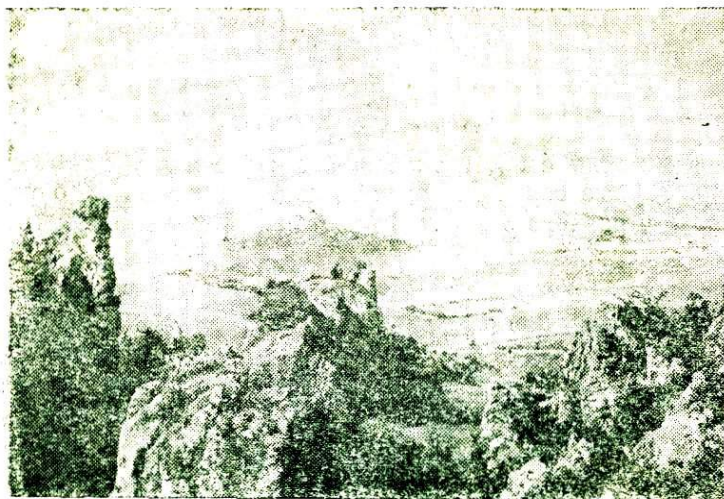


Рис. 134. Эрозионный останцовый холм. Эйфель.



Рис. 135. Эрозионные (порфиритовые) останцы, Хакассия (фото Я. С. Эдельштейна).

иглами, зубцами), последние весьма часто располагаются гипсометрически приблизительно на одном и том же уровне (рис. 136). Воображаемая поверхность, проведенная через высшие точки таких гор, в общем располагается более или менее параллельно плоскости горизонта; ее поэтому называют *вершинным уровнем*, или *верхним денудационным уровнем* (*Oberes Denudationsniveau, Girtelflur*)<sup>1</sup>.

В связи с этим стоит и то общеизвестное явление, что на земном шаре горные вершины нигде не поднимаются выше определенного уровня, равного 8—9 км. При этом необходимо отметить, что



Рис. 136. Высокогорный ландшафт, хребет Сари Тагаз, Центральный Тянь Шань (фото Л. И. Яковлева).

в горных странах верхний уровень располагается на разных высотах и даже в пределах одной и той же горной цепи в разных ее частях для отдельных (довольно близких между собой) групп горных вершин можно провести уровни на разной высоте.

Причину указанного явления, подмеченного уже давно, пытались объяснить различно. Одни приписывали его влиянию изостатической компенсации земной коры, благодаря которой отдельные горные массивы могут подниматься над земной поверхностью (всплывать) лишь до определенной высоты. При таком толковании все же было бы непонятно, почему горы не поднимаются вверх

<sup>1</sup> Понятие «верхний денудационный уровень» А. Пенк противопоставлял нижнему денудационному уровню, в который он вкладывал тот смысл, какой теперь вкладывается в термин «базис эрозии».

выше 8—9 км. Поэтому другие ученые (главным образом А. Пенк) дали ему более правильное истолкование, отнеся возникновение вершинного уровня целиком за счет особых условий эрозии и физического выветривания, господствующих в высокогорных областях. Чем выше в атмосферу поднимается какая-нибудь точка литосферы, тем большими колебаниям температуры она подвергается, тем сильнее воздействуют на нее воздушные течения и тем легче сносятся вниз продукты ее разрушения. Другими словами, *скорость распада* под влиянием атмосферных агентов любой горной вершины *представляет функцию ее высоты* (и абсолютной и относительной). Поэтому при прочих равных условиях более высокие вершины, снижаясь быстрее, чем более низкие, будут как бы стремиться приблизиться по высоте к последним. В результате и вырабатывается в данной области некоторый общий для близкой группы вершин уровень.

Разумеется, уровень этот будет представлять не совершенно плоскую, а волнисто изогнутую поверхность; абсолютные высоты отдельных точек ее могут колебаться в пределах десятков и даже сотен метров.

Вполне понятно, что в различных климатических зонах вершинные уровни будут занимать различное гипсометрическое положение. Существует известная и вполне понятная зависимость высоты положения верхнего денудационного уровня от высоты снеговой линии; поэтому чем ближе к полюсам, тем, вообще говоря, ниже они будут располагаться. В странах, ближайших к полюсам (в Антарктике, Гренландии), мы почти не знаем вершин, поднимающихся выше 3,5 м.

Очевидно, что преобладание в ландшафте тех или иных форм рельефа, кроме общих климатических условий, определяется также и превышением верхнего денудационного уровня над базисом эрозии (над пенковским *нижним денудационным уровнем*), так как интенсивность эрозионных и денудационных процессов определяется в значительной мере именно этой величиной (*энергией рельефа*). Ясно, что при длительном, устойчивом положении базиса эрозии вершинный уровень будет с течением времени все больше опускаться вниз, приближаясь к базису эрозии. При этом общая высота горной страны будет уменьшаться, а параллельно с этим будет ослабевать интенсивность процессов денудации. Междуречные возвышенности, теряя свои выдающиеся оголенные части, наиболее суженные, постепенно будут приобретать все более плавные очертания; вместе с тем и общая форма их профиля подвергнется изменению. В то время как наверху они станут выпуклыми, в нижних своих частях (придолинных) они могут сплошь и рядом сохранить крутые и даже отвесные склоны, главным образом, в силу работы боковой эрозии речных артерий, а у подошвы снова приобретать вогнутый профиль. В результате общий профиль междуречных хребтов становится выпуклым, а нижние части склонов в зависимости от сочетания тех или иных условий, то крутыми, то полого вогнутыми, переходящими постепенно в поверхность речной долины.

В. Пенк путем подробного анализа показал, что при условии устойчивого положения базиса эрозии в процессе постепенного снижения горной страны под влиянием субэаральной денудации преобладающими профилями долинных склонов являются вогнутые склоны. Ряд форм, развивающихся при таком постепенном снижении, он предложил называть *нисходящими*, оттеняя этим термином постепенное снижение страны.

Выпуклую форму, наоборот, склоны будут приобретать в том случае, когда вследствие общего понижения базиса эрозии между речные пространства будут более или менее быстро расти вверх (подниматься), в то же время нижние части склонов будут испытывать на себе энергичное воздействие эрозионных агентов. Такой ряд В. Пенк предлагает называть *восходящим* рядом геоморфологической эволюции. Надо заметить, впрочем, что в целом ряде случаев и при нисходящем ряде развития в природе наблюдаются выпуклые формы, как и наоборот, — при восходящем ряде вогнутые. Геологический состав склонов, темп и амплитуда колебания земной коры могут в этом случае играть немаловажную роль.

Здесь уместно будет привести некоторые цифры, характеризующие скорость денудации в горных странах. А. Пенк в своем классическом труде «Морфология земной поверхности» («Morphologie der Erdoberfläche») на основании целого ряда единичных наблюдений пришел к заключению, что суша в результате денудационных процессов понижается в среднем ежегодно приблизительно на 0,08 мм. Новейшие точные наблюдения в Швеции на целом ряде специально для этой цели устроенных станций привели к гораздо меньшей цифре, именно 0,012 мм. Несколько иные цифры получены были Колле (Collet): в сводном труде об озерах («Les lacs»), опубликованном им в 1925 г., он дает для северных Альп величину среднего ежегодного понижения вследствие речной эрозии 0,57 мм, а для Предальп 0,26 мм, т. е. величины неизмеримо большие, чем для Швеции. С другой стороны, для Германии (правда, на основании сравнительно кратковременных наблюдений) получены были гораздо меньшие (чем приводит Колле) величины, а именно: для сборного бассейна Одера до Бреславля ежегодное понижение в 0,027 мм, а для Неккара до Оффенау 0,064 мм. Мы видим, таким образом, значительное расхождение цифр, приводимых разными авторами для различных стран. Возможно, что это объясняется отчасти различиями в устройстве поверхности и в климатических условиях. Очевидно, чтобы подойти к более надежным цифрам, понадобится произвести еще очень много точных наблюдений в различных странах.

### Влияние колебаний базиса эрозии на развитие горно-долинного рельефа.

При анализе того влияния, какое могут оказывать на эволюцию горно-долинного ландшафта высотные колебания базиса эрозии, приходится идти в значительной мере дедуктивным путем. При этом следует иметь в виду, как уже говорилось, что смеще-

ние базиса эрозии может явиться следствием или эпейрогенических колебаний литосферы, или эвстатических изменений уровня океана и морей, или, наконец, следствием каких-нибудь местных причин временного характера (например, землетрясений, обвалов, прорывов плотинных озер и т. п.). Для существа разбираемого процесса это особенного значения не имеет, хотя все же в наших рассуждениях в дальнейшем мы будем иметь в виду, главным образом, общее понижение базиса эрозии.

Что вариации в амплитуде и темпах колебаний базиса эрозии могут не только влиять на общую эволюцию долинного рельефа, но и давать существенно различные результаты, иногда совершенно изменяя ход так называемого *нормального цикла эрозии*, предвидел и отмечал в своих работах уже Девис. Более подробным дедуктивным анализом хода этих явлений мы обязаны А. Пенку.

Остановимся вкратце на трех возможных случаях, разбираемых А. Пенком.

1. Допустим, что углубление долин вследствие понижения базиса эрозии и сопутствующее ему снижение междуречных высот денудацией идут одинаковым темпом. В таком случае относительные высоты на протяжении всего этого процесса будут держаться примерно в одних и тех же пределах. Общий облик рельефа с течением времени существенно меняться не будет.

2. Если поднятие страны (понижение базиса эрозии) идет так быстро, что денудация не поспевает соответственно понижать междуречные возвышенности, то долины будут приобретать вид глубоко врезанных борозд; крутизна склонов будет возрастать и междуречные хребты будут подниматься во все более и более высокие слои атмосферы. Если при этом исходный рельеф был среднегорный, с течением времени он утратит свои мягкие очертания и приобретет острые, зазубренные формы. Короче, среднегорный рельеф превратится в высокогорный.

3. Если поднятие совершается медленнее, чем происходит сношение денудационными агентами междуречных пространств, долины будут расширяться путем развития боковой эрозии, весь рельеф будет снижаться («энергия рельефа» будет ослабевать), верхний денудационный уровень будет приближаться к нижнему денудационному уровню, и формы будут становиться постепенно все более и более плавными и мягкими. При таком допущении в конечном счете получим результат, сходный с тем, какой получается при устойчивом положении базиса эрозии. При этих условиях первоначальный высокогорный ландшафт будет постепенно сменяться плавным среднегорным.

Из всего вышесказанного вытекает, что как среднегорный, так и высокогорный рельефы не представляют чего-то устойчивого, а являются лишь известными этапами в развитии морфологии одной и той же горной страны. Отсюда видно также, что в одних случаях высокогорный рельеф может смениться среднегорным, в других — наоборот. Ни тот, ни другой не могут быть поэтому рассматриваемы как возрастные (в строго хронологическом смысле

слова) стадии в развитии рельефа; в одних случаях первый может быть вторым, в других — наоборот.

Термины «юный» и «зрелый» можно применять к высокогорному и среднегорному ландшафтам лишь в том случае, если мы условимся связывать с ними представление не о хронологической последовательности стадий эволюции, а исключительно с большей или меньшей энергией процессов самой эволюции рельефа.

### Дополнительные замечания о проблеме островных горных ландшафтов.

Если горы по одиночке или группами поднимаются, наподобие островов, среди равнинных пространств, мы называем их *островными*. Такие случаи, как мы уже видели, возможны повсюду, где мы имеем страну, доведенную в результате длительной субаэриальной денудации до состояния почти-равнины.

Но некоторые геоморфологи, вслед за Пассарге, прилагают название *островного горного ландшафта* к специфическому типу ландшафта, наблюдающемуся в некоторых районах Африки, Индии, Америки и других стран. Под этим термином понимают скульптурные горно-островные ландшафты, в которых равнина открывает или на поверхности или на очень небольшой глубине под тонким плащом наносов коренные породы, а горы из равнины поднимаются сразу крутыми склонами с резко очерченной подошвой. Поверхность равнины бывает часто настолько горизонтальна, что дождевые воды на ней застаиваются; иногда же наклон поверхности равнины не превышает  $0,5^\circ$ . Изредка равнина бывает наклонена более круто, иногда даже волниста. В литологическом отношении равнина может быть сложена породами более мягкими, чем поднимающиеся над ней горы, иногда же такого различия не наблюдается. Обычно относительная высота гор не бывает значительной; профиль их склонов может быть прямым, выпуклым или вогнутым — но всегда подошва очерчена резко.

Описанного рода скульптурные горно-островные ландшафты распространены только в тропических и субтропических странах, реже они наблюдаются в умеренных широтах и преимущественно в зонах, представляющихся переходными от последних к субтропикам (Гоби, Скалистые горы и др.). Они занимают местами весьма обширные пространства — тянутся на тысячи километров (в Африке, Австралии, Гвиане, а также в Индии, на Цейлоне, в Мексике, в Нань-Шане и пр.). В некоторых случаях такие ландшафты представляют поразительное зрелище, а именно, когда среди безбрежной, подобной океану равнины поднимаются там и сям редкие одиночные горы, как острова, затерянные среди морского простора.

Важно подчеркнуть, что островные горные ландшафты такого рода могут встречаться в самых различных климатических условиях — в безводных пустынях, среди соленых степей, в избыточно влажных лесных зонах и пр. Что островные горные ландшафты возникают в результате длительной денудации, никто не сомне-

ваются. Но одни исследователи думают, что они могли приобрести характерные черты своей морфологии только в результате чередования в геологическом прошлом эпох сухого и влажного климата (Рихтгофен, а вслед за ним и Пассарге). Другие отрицают необходимость такого допущения; такого мнения придерживается Вайбель, описавший островные горы Каррас (в тропических соленых степях). Нам последняя точка зрения представляется более правильной, особенно учитывая опыты Вурма, о которых уже говорилось в своем месте раньше.

В тесной связи с проблемой островных горных ландшафтов стоит вопрос о происхождении окаймляющих такие горы равнинных цоколей, так называемых педиментов, составлявших предмет изучения целого ряда исследователей. В странах сухих (аридных) или полусухих (степных) горные возвышенности нередко оказываются окаймленными бордюром равнинной ступени, полого наклоненной наружу. Американские геоморфологи, изучавшие такие образования, предложили для обозначения их термин *педимент*. Ширина педимента может сильно варьировать. Иногда они окружают отдельно стоящие горы (островные горы), иногда более значительные хребты, играя роль как бы пьедестала, на котором возвышаются эти последние, откуда и произошло их название. Педименты бывают усеяны нетолстым слоем гравия, щебенки и других наносов, сквозь который там и здесь проступают коренные породы, обычно такие же, как и в тех возвышенностях, которым они служат цоколем.

Происхождение педиментов служило предметом исследований ряда лиц, мнения которых относительно их генезиса несколько расходятся. Керк Брайан<sup>1</sup>, посвятивший им несколько специальных работ, считает, что в их происхождении главную роль играют процессы интенсивного выветривания, свойственного аридным странам, и периодического плоскостного смыва. Некоторые другие исследователи (Д. Джонсон и Блеквельдер) придают основное значение также боковой эрозии (планации) рек, стекающих с гор к их подошвам. Повидимому, как это думает справедливо Брайан, этот последний процесс приходится серьезно учитывать только для педиментов, обрамляющих значительные горные хребты.

Менее обширные высоты в сухих странах обычно не питают сколько-нибудь постоянных полноводных речных потоков; поэтому здесь о роли боковой эрозии, как главном факторе генезиса педиментов, едва ли может быть речь. В пользу преобладающей роли выветривания и плоскостного смыва говорит также резкий излом профиля при переходе от педимента к горе. Педименты описаны из пустынных и полупустынных стран Северной Америки (Аризона, Сонора), Чили, Монголии. У нас подобные формы встречаются в сухих степных районах некоторых частей Сибири (на юге Красноярского края).

### Многоразные ландшафты.

В целом ряде стран установлено наличие денудационных поверхностей различной древности, располагающихся одна выше другой таким образом, что весь ландшафт получает как бы террастрированный, многоразный характер.

Само собой понятно, что располагающиеся на большей высоте поверхности (почти-равнины) или части поверхностей (остатки прежних почти-равнин), как общее правило, являются и более древними. Самые поверхности имеют вид то более или менее об-

<sup>1</sup> Bryan Kirk. The formation of pediments. S. A. Rep. XVI intern. Geol. Congres. Washington.

Его же. Process of formation of pediments of Granite Gap, New Mexico, Zeitschr. f. Geomorphologie, 1935 B. IX, H. 4, pp. 125—135.

ширных, приближающихся к горизонтальным, выровненных пространств, то наклонных под различными углами к горизонту скатов.

Наклонное положение некоторых более древних образований такого рода объясняется тем, что после своего возникновения они испытали косые подъемы или изгибы. Иногда более древние поверхности были перекрыты позднейшими отложениями и в настоящее время обнаруживаются в ландшафте потому, что эти новейшие отложения были снесены с них денудацией. По причине своего более высокого гипсометрического положения и большей древности более высоко расположенные поверхности часто оказываются сильнее расчлененными, следовательно, хуже сохранившимися, а на междуречьях они и совершенно исчезают. По Вулдриджу<sup>1</sup>, в Корнуоллесе такие древние платформы ясно выражены на высотах в 60, 120 и 228,5 м; в Уэльсе, включая Энглеси, — на высотах 60—90 и 457 м. Такая же картина наблюдается и в юго-восточной Англии, где отчетливо выражена целая геоморфологическая лестница, нижние ступени которой представлены террасами современных долин, а верхние — поверхностями, возникшими в третичное время.

Такие же ярусы установлены многочисленными исследованиями в Альпах, в Аппалачах и пр.; у нас в СССР они весьма отчетливо выражены на Урале и во многих частях Сибири, например, в северной части Кузнецкого Алатау (в так называемой Мариинской тайге), в западных отрогах Восточного Саяна, в бассейне рек Амыла и Копи. Геологом Клуниковым подобные же образования описаны в Гиссарском хребте, в Таджикистане, где более древние денудационные поверхности уже успели принять наклонное положение.

Вулдридж справедливо отмечает, что современные методы топографического картирования в подавляющем большинстве случаев не дают удовлетворительных результатов для отличия на обычных картах этих морфологических образований различной древности. Между тем такое изображение имело бы большое не только теоретическое, но и практическое значение. Каждая из таких форм, в зависимости от условий своего развития, от своей древности, а также от угла наклона своей поверхности и экспозиции, не говоря уже о геологическом составе, характеризуется особенностями почвенного покрова, микроклиматическими, иногда весьма важными отличиями, и в связи с этим и особенностями в распределении грунтовых вод, растительных ассоциаций и пр. При решении практических вопросов районирования, освоения и правильного использования, особенно в сельскохозяйственном отношении, целых стран и отдельных их частей правильное выделение на карте однородных элементов многоярусного ландшафта должно играть первостепенную роль. Трудно рассчитывать на то, чтобы для этой цели могли быть использованы в полной

<sup>1</sup> S. W. Wooldridge, *The Cycle of Erosion and the Representation of Reliefs* The Scottish Geographical Magaz., vol. XLVIII, N 1, 1932, p. 30 | 31.

мере обычные топографические карты, даже очень точные, так как они интересуются гипсометрией чисто механически. Только геоморфолог может внести в них те коррективы, которые заставят немую карту заговорить ясным научным языком. Но такая карта будет уже не только топографической, а и геоморфологической в настоящем смысле этого слова. Вот почему геоморфология и геоморфологические методы могут и должны сыграть большую роль в географическом картировании.

### **Предгорные равнины и нагорные лестницы, как особые типы многоярусного ландшафта.**

В связи с указанием на многоярусные морфологические ландшафты мы должны еще несколько подробнее остановиться на одной разновидности таких ландшафтов, свойственной некоторым горным массивам и горным хребтам, и значение которой было впервые вскрыто работами В. Пенка<sup>1</sup>, давшего им особое название: *предгорные равнины и нагорные ступени*. Этим формам после появления работы В. Пенка был посвящен целый ряд специальных работ, стремившихся проверить, а нередко и изменить теорию их происхождения.

Сущность интересующего нас здесь явления сводится к следующему. В природе довольно часто наблюдаются отдельные горные массивы или горные хребты, состоящие из центральной, более или менее расчлененной горной возвышенности и окаймляющих ее по склонам выровненных поверхностей различной ширины, в числе одной или нескольких ступенчато-поднимающихся друг над другом. В горных массивах такие ступени или одиночные поверхности выравнивания кольцеобразно окружают центральную возвышенность; в случае вытянутого горного хребта они тянутся продольными полосами по его склонам, но в обоих случаях для них характерна зональная группировка. Шпрейцер замечает, что если мы имеем многоярусное расположение древних поверхностей выравнивания без выраженной зональной группировки их и тесной связи с долинной сетью, то такие ландшафты нельзя называть предгорными ступенями или, когда имеется одна такая поверхность, предгорной равниной.

Подробно примеры предгорных равнин и предгорных ступеней были сначала изучены и описаны В. Пенком в среднегерманских горах — на Гарце, в Фихтельгебирге и Рудных горах, а затем изучались и описывались многими геоморфологами в Скандинавии, Америке, Альпах, Малой Азии, у нас на Урале и пр.

Учитывая различия в морфографическом облике и в генезисе, Шпрейцер<sup>2</sup> предлагает следующее подразделение многоярусных субэралных денудационных поверхностей выравнивания:

1. Отсутствие закономерной зональной группировки, неправильное развитие отдельных поверхностей. Термин «нагорные ступени»

<sup>1</sup> Walther Penck, Die morphologische Analyse, 1924.

<sup>2</sup> H. Spreitzer, Zum Problem der Piedmonttreppe, Mit. geograph. Gesellschaft in Wien, B. 75, 1932, S. 327—364.

неприменим (пример: левобережные Рейнские Сланцевые горы, по описаниям и по истолкованию Ш т и к е л я).

2. Предгорные равнины и нагорные ступени только в морфографическом смысле слова. Расположение зональное, ступенчатое. Отдельные поверхности произошли путем опусканий или сохранились по тектоническим изломам или флексурам (пример: северный край Куэнь-Луны по де-Терра).

3. Предгорные равнины и нагорные ступени в морфологическом и морфографическом смысле слова. Поверхности обязаны своим происхождением деятельности экзогенных сил. В морфографическом отношении они подразделяются на: а) куполовидную систему предгорных ступеней (пример: Фихтельгебирге); б) простую зональную группировку нагорных ступеней (пример: Аппалачи).

Это подразделение перекрещивается с другим, исходящим из генезиса отдельных поверхностей.

Собственно к системам предгорных ступеней следует относить только образования, в которые вкладывается морфологический смысл.

Теория образования таких правильных горных ступенчатых ландшафтов и предгорных ступеней была дана первоначально В. Пенком и сводится к следующему. Представим себе сильно денудированную горную страну, которая начинает испытывать своеобразное эпейрогеническое понятие (куполообразное вздутие) такого рода, что в центральной части это поднятие происходит быстрее, чем по периферии. На поднимающейся стране развивается система консеквентных рек, производящих эрозионную работу параллельно с тем, как идет поднятие. В центре эти реки будут врезываться в поднимающуюся страну, и здесь рельеф постепенно приобретает черты горного; по периферии, где поднятие совершается медленнее, эрозионная работа рек может так быстро производить понижение рельефа, что будет полностью уравнивать подъем страны, и потому в этой зоне в результате возникнет выровненная денудационная поверхность, отличающаяся от постулированного Деви сом пенеплена в том отношении, что она образуется не в конечный момент эрозионного цикла, а в течение самых начальных стадий его. Такую денудационную поверхность В. Пенк предложил называть *первичной денудационной равниной* (*Primärrumpfläche*) в отличие от конечной поверхности (пенеплена), знаменующей конечную фазу цикла<sup>1</sup>.

Представим себе далее, что поднятие страны продолжается без перерыва и притом ускоряется с течением времени и что в этот процесс вовлекаются постепенно дальше от центра отстоящие периферические зоны. Тогда та зона, которая перед этим превратилась в денудационную равнину, поднимется над прилегающей

<sup>1</sup> В особую заслугу В. Пенку приходится поставить то, что он ввел в геоморфологию понятие о таких *первичных* поверхностях выравнивания, образующихся во время поднятия страны, между тем как прежде считали, что для возникновения подобных поверхностей необходимо, чтобы страна долгое время находилась в *стабильном состоянии* при условии положения общего базиса эрозии на уровне моря.

к ней снаружи зоной так, как над ней перед тем поднялась центральная часть страны, и реки начнут энергично расчленять ее, не будучи, однако, в состоянии полностью сбалансировать результаты подъема, а новая поверхность выравнивания разовьется, в свою очередь, на следующей периферической зоне, которая отделится от предыдущей ясным уступом. При дальнейшем подъеме, совершающемся все более ускоренным темпом и с расширяющейся фазой, т. е. с вовлечением в процесс подъема новых периферических зон, может, таким образом, возникнуть ряд окаймляющих центральную возвышенность выровненных поверхностей, лестницеобразно поднимающихся друг над другом.

Таким же путем могут возникнуть лестницеобразно расположенные предгорные ступени и на склонах вытянутого в длину хребта, если центральная его ось испытывает поднятие постепенно ускоряющегося темпа и расширяющейся фазы.

В. Пенк развил свою теорию, главным образом, на примерах германских горных возвышенностей: на Гарце, Фихтельгебирге, Шварцвальде. На Фихтельгебирге он насчитывает пять таких ступеней.

Мы уже указывали, что после В. Пенка подобные же формы были описаны рядом исследователей и во многих других странах. Но теория образования этих форм, предложенная В. Пенком, встретила критическое к себе отношение и почти не нашла последователей. Большинство исследователей справедливо указывало, что при непрерывном подъеме, хотя бы и ускоряющегося темпа и расширяющейся фазы, все же в конце концов должно было бы получиться общее сводообразное вздутие страны, а не образование на ее склонах ступеней. Возникновение последних становится понятнее, если допустить, что периоды подъема чередовались с периодами остановок или, по крайней мере, с периодами замедления движений земной коры. Такое мнение высказывалось Сельхом, Хенкелем и др. Бубнов отметил, что выработке ступеней благоприятствует литологический характер некоторых горных пород и что при анализе их происхождения следует учитывать и этот фактор.

Шпрейцер, допуская значение перерывов или замедлений в подъеме для выработки горных лестничных ландшафтов указанного характера, высказывает вместе с тем мысль, что они могут образовываться и в результате, как он выражается, переменного, ритмического действия экзогенных сил при непрерывном условии куполообразного постепенно расширяющегося равномерного подъема страны.

Под переменным ритмическим действием экзогенных сил он понимает следующее. Представим себе куполообразно поднимающуюся страну, с которой во все стороны стекают консеквентные реки. Величина поднятия в центре наибольшая, зато, наоборот, эрозивная работа стекающих с купола водных артерий возрастает по мере того, как они приближаются к краевым зонам вследствие того, что вниз по течению количество воды в них возрастает. При таком допущении на периферии реки рано или поздно должны до-

стигнуть некоторой границы, где кончается область, в пределах которой поднятие еще может выражаться орографически. Очевидно, дальше сила эрозионной работы рек достаточно велика, чтобы уничтожить своей разрушительной работой результаты поднятия, так что здесь уже эндогенные процессы не дают орографического эффекта, и, таким образом, в этой зоне может образоваться первичная остаточная (денудационная) поверхность. Так можно объяснить образование вокруг центральной возвышенности верхней предгорной поверхности.

Далее происходит следующее. Реки, стекающие с центральной горной возвышенности, вступая на окружающую ее равнину, когда эта последняя достигнет достаточной ширины, теряют здесь, в силу замедления своего течения, способность к углублению. Но как только продолжающийся процесс поднятия захватит и эту равнинную зону, она, поднявшись вверх, приобретает выражение в рельефе, как орографический элемент, и с этого момента выйдет из-под непосредственного влияния на ее развитие общего базиса эрозии. Эрозионная способность рек, стекающих с центральной возвышенности и с первой поверхности денудации, в том месте, где они будут достигать подошвы этой поверхности, станет еще значительнее.

Шпрейцер обращает внимание, что эрозионная сила потоков, стекающих с какого-нибудь склона, у подошвы последнего при прочих равных условиях тем *сильнее*, чем *выше* этот уступ. Поэтому у подошвы первой поверхности выравнивания речные потоки будут обладать в известной зоне достаточной силой, чтобы сводить на-нет результаты происходящего подъема, и создадут вторую первичную поверхность выравнивания, отделенную от предыдущей уступом. Указанным путем вокруг центральной возвышенности может возникнуть ряд опоясывающих ее ступеней, отделенных друг от друга уступами. Таким образом, по мнению Шпрейцера, даже в случае равномерного непрерывного поднятия могут образовываться горные ступени, окаймляющие ее наподобие ярусов. В том случае, когда мы будем иметь не сводообразное вздутие, а равномерное поднятие осевой части хребта, постепенно захватывающее и склоны, образуются не кольцеобразные ступени, а продольные. Если мы имеем одностороннее поднятие, предгорная ступень разовьется только на одной стороне медленно растущей хребтообразной гряды.

Надо заметить, что теория Шпрейцера столь же мало объясняет, как и теория В. Пенка, почему процесс образования отдельных ступеней идет периодически. Нет сомнения, что без допущения перерывов или замедлений в процессе поднятия страны для удовлетворительного объяснения происхождения горных ступеней не обойтись. Впрочем, сам Шпрейцер признает, что его объяснение является чисто теоретическим. Еще более теоретическим он считает гипотезу, что на выработку ступеней могли влиять изменения климата в геологическом прошлом.

Более реальным является третий, разбираемый Шпрейцером, возможный случай возникновения на склонах горного массива сту-

пеней. Представим себе какой-нибудь массив из кристаллических пород, перекрытый впоследствии горизонтальной осадочной толщей, сложенной слоями различной сопротивляемости денудации. Так, например, массивы варисцийских гор часто оказываются перекрытыми горизонтальными толщами мезозоя. Когда в результате денудации эти слои, приобретшие вследствие куполообразного поднятия косое положение, начинают один за другим смываться с массива, на склонах последнего постепенно будут обнажаться в соприкосновении с кристаллическими породами массива то твердые, то мягкие горизонты осадочных пластов, образуя в общем слоисто-ступенчатый рельеф. По этой причине на склонах массива с течением времени будут возникать местные базисы эрозии. «Но деятельность денудационных агентов — говорит Шпрейцер — зависит от свойств той породы, которая налегает на кристаллическую породу там, где последняя выступает из своей осадочной оболочки, и которая является непосредственным базисом эрозии для рек, стекающих с массива. Когда такой базис представлен мягким слоем, он будет быстро сноситься, и потому на кристаллическом массиве сохранится в общем тот скат, какой он имел, пока был прикрыт осадочными слоями. Когда денудация дойдет до более устойчивого пласта, поверхность последнего на более продолжительное время явится местным базисом, и, прежде чем он будет снесен, на массиве в соприкосновении с ним успеет выработаться более или менее широкая террасовидная площадка или даже широкая поверхность. Таким образом, в процессе удаления с подземного выступа осадочной покрывки может постепенно возникнуть ряд ступеней». Шпрейцер приводит из морфологии Гарца и Шварцвальда примеры, подтверждающие возможность такого именно образования нагорных ступеней. Автор сам подчеркивает, что и такого рода образование ступеней пока что имеет чисто георетическое значение.

Из всего сказанного выше вытекает наиболее вероятное допущение, что горные ступени и предгорные равнины могут возникать различным образом, но при непременно условии медленного тектонического подъема страны и прерывистого воздействия на нее в процессе этого подъема экзогенных денудационных агентов. Относительно характера подъема, по видимому, трудно обойтись без допущения, что он совершается с перерывами, так как в противном случае было бы непонятно образование денудационных поверхностей, отделенных друг от друга резко выраженными в рельефе изломами профиля — ступенями, наличие которых и оправдывает название горных лестниц.

Все исследователи, описывавшие такие формы ландшафта, подчеркивают, как и первый, детально описавший их В. Пенк, что каждая ступень представляет вполне определенно выраженную в рельефе совокупность форм и что можно проследить, как поверхность нижележащая вдавняется в более высоко расположенную в виде более или менее широких и ясных лошин и логов. Вместе с тем необходимо подчеркнуть и еще одно важное обстоятельство. После образования отдельных ярусов или ступеней они не остаются ста-

бильными, а продолжают эволюционировать, а именно: разделяющие их уступы, имеющие на верхней своей закраине выпуклую форму, а у подошвы вогнутую, со временем постепенно подтачиваются денудацией, разрушаются и мало-помалу отступают назад — другими словами, нижние поверхности расширяются за счет верхних параллельно с расчленением более высоких ступеней речными потоками, стекающими на нижние. Это может привести к тому, что в очень поздних стадиях верхние площадки сохраняются только в виде узких полос или же почти совершенно будут искажены, между тем как нижние расширяются и сохраняются.

В соответствии со всем сказанным выше Шрейер предлагает по способу происхождения различать следующие категории интересующих нас здесь форм:

1. Нагорные поверхности, или лестницы, как следствие перерывов или замедлений в интенсивности процесса поднятия страны. Они не связаны непременно с образованием куполообразного вздутия с возрастающей фазой, т. е. постепенно растущего вширь.

2. Нагорные поверхности денудации, или лестницы, как выражение ритмического действия экзогенных сил:

а) образование данных форм вследствие изменений в действии экзогенных сил по достижении некоторой предельной величины; неизбежной предпосылкой в этих случаях должно быть сводообразное вздутие страны с растущей фазой, т. е. постепенно расширяющееся в стороны;

б) образование данных форм, обусловленное различными петрографическими свойствами непосредственного эрозионного базиса; сводообразное вздутие растущей фазы в данном случае не является неизбежно необходимой предпосылкой;

в) вопрос о возможности происхождения аналогичных форм в результате частых климатических перемен имеет пока только отвлеченное значение.

### Великий обрыв Южной Африки.

Грандиозным примером нагорной лестницы может служить, по описаниям А. Борна<sup>1</sup>, крутой обрыв, которым оканчивается в сторону окружающих ее океанов Южная Африка. Этот обрыв, известный под названием *Great Eskarpment*, является одной из наиболее замечательных черт рельефа Южного побережья Африканского континента. Он прослеживается на протяжении свыше 2200 км от бассейна р. Лимпопо (на востоке) до Оранжевой реки (на западе). Почти на всем этом пространстве верхний край его образован твердыми слоями, полого наклоненными внутрь континента.

Средняя абсолютная высота его гребня на западе колеблется около 900 м, на востоке почти вдвое выше — до 1800 м. В отдельных точках, как например в Драконовых горах Наталя в группе возвышенностей *Mont-aux-Sources*, он достигает абсолютной высоты 3350 м. Вместе с тем на востоке этот край отступает от берега моря на 400 км, а на западе в Намакваланде (страна Намаква) это расстояние уменьшается до 80 км.

К океану Великий Обрыв спускается рядом уступов различной высоты и ширины, расположенных на определенных уровнях. Местами наблюдается до шести таких уступов, местами их меньше.

<sup>1</sup> Axel Born Das Great Eskarpment, Südafrikas als Piedmonttreppe. Fortsch. d. Geologie und Palaeontologie. В. XI. Н. 36. Deecke Festschrift 1931, pp. 307—326.

Подробные исследования, произведенные в разных районах Южной Африки африканскими геологами, показали, что морфология и расположение Великого Обрыва и уступов на его наружной стороне не имеют никакого отношения к геологическим структурам коренных пород, слагающих эту часть Африканского континента, и не обусловлены ни в какой мере тектоническими причинами (изломами, сбросами), а представляют результат исключительно эрозионных процессов. Местами, как, например, на южной окраине бассейна Карру, в районе Бофорт-Уэст (*Beaufort-West*), обрыв слагается почти горизонтально залегающими слоями нижних горизонтов серии «Бофорт», состоящими из чередования более мягких и более твердых пластов осадочных пород, пересеченных пластовыми жилами долеритов.

Могло бы поэтому явиться подозрение, что мы имеем в данном случае дело со слоисто-ступенчатым рельефом. Но наблюдения А. Борна показали, что поверхности уступов не совпадают с плоскостями наложения, слагающих здесь страну слоев, а пересекаются с ними под небольшим углом. Кроме того поверхности уступов располагаются не только на прочных, но и на более податливых выветривающихся слоях. Поэтому Борн склонен считать эти поверхности за ступени именно нагорной лестницы, не будучи, правда, вполне твердо уверенным, что такое объяснение применимо ко всем ступеням. Более убедительные и бесспорные результаты дало исследование Драконовых гор в Трансваале в местности *Devils Kloof* близ *Kaapsche Hoop*, так как здесь ступени выработаны не только в наклоненных к западу слоях кварцитов формации *Black Reef*, но и в гранитах.

К сказанному не лишне добавить, что край Великого Обрыва окаймляет внутреннюю часть Южной Африки, которая представляет высокое плоскогорье, сложенное полого и чащеобразно наклоненными внутрь континента слоями формации карру. По рельефу это внутреннее плоскогорье представляет сравнительно слабо расчлененное нагорье — несомненно древнюю поверхность выравнивания, в пределах которой разницы относительных высот не превосходит 900 м. Выработку этой древней денудационной поверхности Борн относит ко второй половине мезозоя.

В общем историю развития рельефа Южной Африки, по мнению Борна, можно представить себе в следующем виде.

В триасе происходило медленное опускание внутренней части Южной Африки, обусловившее мощное накопление толщ формации карру. Это опускание продолжалось и позже, в результате чего слои формации карру приобрели чашеобразное залегание. Одновременно с этим опусканием происходило поднятие краевой области бассейна карру, что доказывается литологическим составом слоев формации карру, содержащих обломки пород, которые могли быть снесены с периферии и возможно частично из лежащих на юге возвышенностей, ныне скрытых под пеленой океана<sup>1</sup>.

Затем началось обратное движение — подъем внутренних частей континента при одновременном флексуобразном опускании краевой наружной части его. Это движение не сопровождалось сколько нибудь крупными продольными и поперечными разломами. Таким образом произошла как бы инверсия рельефа: бывшие опущенными внутренние части континента приподнялись, а возвышенные краевые медленно опускались. Подъем внутренней части континента происходил периодически с задержками: поэтому на опущенном крыле флексуры, ось которой лежала вне теперешнего края Великого Обрыва ближе к океану, и могли выработаться отдельные первичные поверхности выравнивания, давшие затем в совокупности ту нагорную лестницу, какая сейчас наблюдается. Вопреки теории В. Пенка Борн думает, что *выработка нагорной лестницы может совершаться только при условии периодического прерывистого подъема страны, при котором фазы подъема чередуются с моментами крайне замедленного подъема или даже полного покоя*. Кроме того Борн думает, что наблюдаемыми сейчас на обращенном к морю склоне обрыва не исчерпываются ступени выработавшейся в Ю. Африке нагорной лестницы, что некоторые ступени лежат вне обрыва дальше внутрь страны, а некоторые под уровнем моря.

<sup>1</sup> В течение мезозоя, вплоть до конца мела, происходила денудация Южной Африки, в результате чего она превратилась в почти-равнину.

Действительно ли, однако, замечательный рельеф Великого Обрыва Южной Африки целиком представляет, как полагает Бори, *Piedmonttreppe* или же некоторые его отрезки должны рассматриваться все же, как слоисто-ступенчатый ландшафт, должны показать будущие детальные исследования.

### О нагорных террасах.

С многоярусными ландшафтами не следует смешивать, как это иногда делают, так называемые *нагорные террасы*, широко рас-

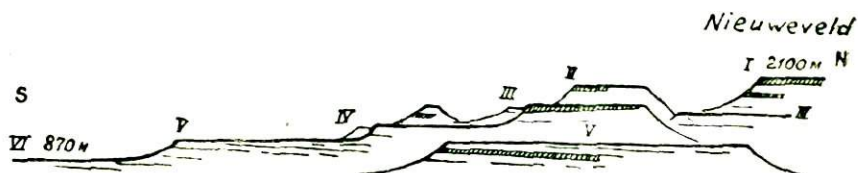


Рис. 137. Ступени предгорной лестницы обрыва Nieuweveld близ Бофорт — вост (схема).

пространенные в некоторых горных районах северных и средних широт у нас в СССР (на Урале и в Сибири), а также в Северной

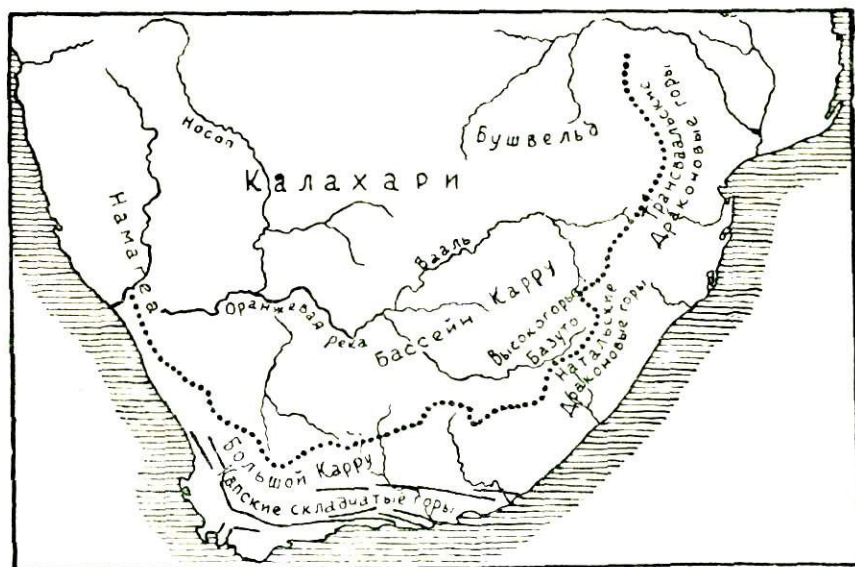


Рис. 138. Положение Великого Уступа по Дю Тойту, Роджерсу и др.

Америке. Эти формы представляют ровные площадки различной ширины и длины, располагающиеся на склонах гор на различной высоте вне зависимости от литологического состава и тектоники

Число таких террас варьирует в широких пределах даже в одном и том же горном хребте. В своем высотном положении, равно как в своем развитии в длину и ширину, они обнаруживают большие колебания. Никаких соотношений между расположением нагорных террас и речными долинами установить нельзя, так что отпадает возможность рассматривать их, как древнеречные образования и строить на этом основании какие либо заключения о циклах эрозии.

Площадки часто бывают покрыты угловатой щебенкой, иногда громаждающейся в виде вала у края бровки, нередко на них развиваются структурные почвы и полигональные грунты, нередко они бывают заболочены или покрыты тундровой дерновиной. Встречающиеся на них обломки горных пород всегда местного

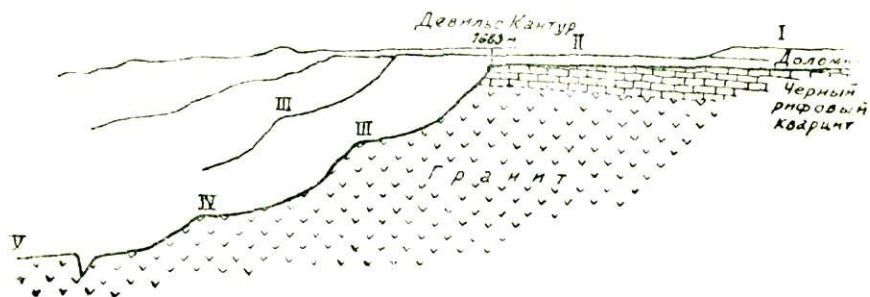


Рис. 139. Геологический разрез Великого Уступа у Девилье Кантур, в Транс-ваале.

происхождения. Настоящий аллювий обычно отсутствует. Коренные породы, залегающие под тундрой и щебенкой, не обнаруживают никаких следов обработки проточной водой. Все эти особенности исключают также возможность видеть в нагорных террасах остатки предельных равнин.

Нагорные террасы изучались у нас на Урале — проф. Л. Дюпарком, Г. Л. Падалкой; С. Г. Бочем, И. И. Красновым, В. А. Варсановьевой, Л. Тюлиной, в Забайкалье — Ю. П. Деньгиным, в Амурской области — А. Я. Макаровым, в Якутии — С. В. Обручевым, на Шпицбергене они исследовались — Гриппом, в Северной Америке — Икином и Антевсом и др. Для объяснения их происхождения предлагались различные теории, но полностью процессы их формирования до сих пор не могут считаться разъясненными. Скорее всего в них следует видеть результат медленного сползания (*солифлюкции*) и задержки на определенных уровнях грунтов и делювиального материала в особых условиях сурового климата при наличии вечной мерзлоты или во всяком случае глубокого промерзания почвы в течение большей части года.

В процессах выравнивания вероятно принимают участие — и притом немаловажное — морозное выветривание и планация под

влиянием снеговых накоплений (забоев) у тыловой и фронтальной закраины террасовой площадки. Благоприятными условиями для образования нагорных террас С. В. Обручев считает неравномерное накопление снегов, чему способствует малое выпадение последних при сильных ветрах, и длительности периодов (в течение года) с попеременным промерзанием и оттаиванием грунтов. Пунктами, где первоначально начинают развиваться террасы, являются какие-нибудь первичные неровности на склонах гор.

Таким образом можно рассматривать нагорные террасы, как формы, обязанные своим происхождением особым климатическим условиям, господствующим в настоящее время в некоторых местностях.

---

Мы уделили вопросам образования нагорных ступеней и предгорных равнин так много места и внимания потому, что с ними, с одной стороны, связаны фундаментальнейшие проблемы современной геоморфологии, а именно проблемы формирования поверхностей выравнивания и многоярусных ландшафтов, а с другой — потому, что такие ландшафты весьма распространены в природе и для истолкования их происхождения предлагались различные объяснения.

Из данного выше изложения существующих воззрений видно, что в настоящее время в науке получил уже общее признание взгляд, что поверхности выравнивания (*планации*) могут возникать при определенных условиях и на находящихся в состоянии эпифрогенического подъема участках литосферы и что самое наличие этих поверхностей может быть в ряде случаев использовано для суждений о характере и темпах этого движения, т. е. было ли оно свободнообразным или линейным, с возрастающей фазой или нет, прерывистым или постоянным. Этим самым вносится коренное дополнение в учение Деви-са о циклах эрозии. Необходимо все же оговорить, что далеко не все еще детали участия экзогенных факторов в формировании таких поверхностей выяснены с достаточной полнотой. В частности на наш взгляд западноевропейские геоморфологи слишком мало учитывают ту роль, какую в этом процессе могут и должны играть снеговой покров и морозное выветривание в высоких зонах горных стран, а также наличие мерзлоты, на что указывали некоторые американские и в особенности наши геоморфологи. Во всяком случае, очевидно, что эта весьма сложная проблема далеко еще не освещена во всех подробностях и требует дальнейших тщательных наблюдений и исследований.

### Определение возраста древних поверхностей денудации.

Задача эта в морфологическом анализе страны представляет первостепенную важность, и поэтому мы считаем полезным несколько остановиться на ней.

Для решения этой задачи пользуются геологическими и геоморфологическими методами, правильнее будет сказать — совокупностью обоих.

Сущность геологических методов вкратце состоит в следующем. Определяется геологический возраст самых молодых отложений, срезываемых данной поверхностью выравнивания (денудационной поверхностью). Если эти самые молодые слои согнуты в складки или дислоцированы каким-нибудь иным образом, например, разбиты дизъюнктивными дислокациями, то надлежит установить возраст этих дислокаций и затем выяснить — древнее или моложе они той поверхности выравнивания, возраст которой определяется: в первом случае поверхность несогласно срезает все дислокации, во втором — она сама деформируется этими дислокациями. Далее, если можно в прилегающей области найти слои, коррелятные с данной поверхностью, то путем применения стратиграфических или палеонтологических данных устанавливается возраст этих коррелятных слоев, что дает возможность сразу решить вопрос о возрасте соответствующей поверхности выравнивания. Так же легко решается вопрос в том случае, если на поверхности имеются континентальные, или пресноводные, отложения, относительно которых существует уверенность, что они отложились одновременно с выработкой рельефа самой поверхности, например, озерные отложения с погребенной в них фауной или флорой. Если данная форма рельефа погребена под отложениями более позднего происхождения, то этим самым дается возможность установить тот верхний предел, моложе которого данная поверхность быть не может.

Геологические методы часто дают возможность устанавливать возраст только в широких пределах, и геологи обычно удовлетворяются этим. Говорят, например, о «нижнетретичном», «верхнетретичном» и других возрастах. Но геоморфолог должен стремиться к тому, чтобы уточнить возраст, и, кроме того, к тому, чтобы воспроизвести картину физико-географических условий, господствовавших в это время не только в том месте, где находится данный комплекс рельефа, но и в прилегающих к нему окрестных пространствах, как на это справедливо указывает Уоллес В. Атвуд<sup>1</sup>.

При применении морфологических методов отыскивают прежде всего более высоко или более низко расположенные поверхности континентального выравнивания — террасы, эрозионные поверхности — устанавливают, если можно, возраст этих последних и путем сопоставления с ними стараются подойти к решению проблемы. При этом полезно широко применять метод комплексного изучения коррелятных форм и коррелятных отложений, о чем уже говорилось в общей части настоящего руководства. «Прошло то время, — говорит Уоллес В. Атвуд, — когда геоморфологи интересовались преимущественно основными законами работы рек, морских волн, ветра, ледников и вообще всех агентов, преобразующих лик

<sup>1</sup> Wallace W. Atwood. The Correlation of ancient Erosion-Surfaces. *Compt. Rend., Congrès Intern. de Géographie, Paris 1931, p. 588—591.*

земной. История любой горной страны должна изучаться одновременно с тем, что происходило в прилегающей к ней низменной области; ибо в то время, когда в первой шло постепенное размывание и пенеппенизация, в соседней равнинной стране происходило накопление осадков, выносимых реками из горной страны. Если потом случалось эпейрогеническое поднятие страны, она подвергалась новому циклу расчленения, а возникавшие при этом осадки вновь выносились на равнину и отлагались здесь реками при выходе из гор. Позже в результате эрозии долинами рассекалась также и равнинная страна, что вело к новому понижению базиса эрозии для горной страны, а следовательно, к усилению в ней процессов расчленения». Словом, взаимозависимость между развитием форм рельефа в смежных областях и в то же время между формами и накапливающимися осадками должна составить весьма важный объект исследований с точки зрения требований, предъявляемых к современной геоморфологии.

Если поверхности древних ландшафтов имеют вид не законченных в своем развитии почти-равнин, а более сложный рельеф в том случае, когда мы имеем дело не с полными, а с прерванными циклами эрозии, задача синхронизации, т. е. отнесения к одному и тому же циклу форм различного внешнего вида, но составляющих ингредиенты одного и того же древнего ландшафта, становится иногда весьма затруднительной. Тогда приходится шаг за шагом проследивать эрозионные поверхности из одной местности в другую, чтобы таким образом увязать их между собой. Только таким путем бывает возможно в ряде случаев выяснить полную картину развития ландшафта. В этом смысле, быть может, было бы позволительно говорить о *фациях ландшафта*, так же, как мы говорим о фациях в геологическом смысле слова. Работы в этом направлении едва начинаются, и перед современными поколениями геоморфологов в этом отношении открывается едва затронутое поле для работ.

Не всегда встречающиеся в той или иной горной стране на разных высотных уровнях древние поверхности континентального выравнивания обладают по времени своего формирования различным геологическим возрастом. Иногда они могут представлять части одной и той же древней поверхности выравнивания, разбитой дизъюнктивными дислокациями (сбросами) на отдельные участки, поднятые впоследствии на различную высоту в результате тектонических движений. Такую картину рисуют некоторые исследователи (Обручев, д-р Гране, Нехорошев) для Алтая, который, по их описаниям, в мезозое или в третичное время был доведен субэвразальной денудацией до состояния почти-равнины, затем разбит сбросами на отдельные глыбы, претерпевшие подъем на различную высоту.

Надо, впрочем, заметить, что для Алтая разновозрастность наблюдаемых в настоящее время на различных высотных уровнях древних поверхностей выравнивания требует еще дальнейшего подтверждения. Но сама по себе последующая тектоническая деформация древних поверхностей выравнивания вполне возможна,

и при исследованиях этого не следует упускать из вида. Деформация может выразиться или в раздроблении сбросами на отдельные участки, как мы это видели на примерах Алтая, или в косых подъемах, или в сводообразном вспучивании всей денудированной поверхности. В каждом отдельном случае необходим самый тщательный анализ форм поверхности, микрорельефа и мезорельефа, почв и наносов каждой поверхности, чтобы решить трудный вопрос о том, имеем ли мы дело с образованиями разного или одинакового возраста.

### Палимпсестовый рельеф.

Интересный пример развития современного рельефа в полной зависимости от древнего описывает А. В. Хабаков для Южного Урала. «Любопытные совпадения — говорит А. В. Хабаков — современной поверхности рельефа с древним мезозойским устройством поверхности страны обнаружены по новейшим исследованиям в южной части Южного Урала. К началу юры бывшие горные хребты Урала были почти уничтожены и в обширных продольных депрессиях накопились довольно мощные толщи песчано-галечных и песчано-глинистых отложений континентальной юры. Главными водоразделами, разделявшими эти депрессии в юрское время, были пологие возвышенности Урал-Тау и Ирэндяка. В верхнемеловое время Южный Урал был почти нацело перекрыт морскими осадками и выработка рельефа после палеогена должна была начаться почти снова.

Однако, благодаря различию в литологическом составе древних юрских депрессий, сложенных рыхлыми отложениями, и древних возвышенностей, сложенных скалистыми породами палеозоя, новая речная сеть естественно использовала прежние рыхлые депрессии. Облик современной поверхности страны стал имитировать древнюю орографию. В итоге получилось сложное и противоречивое переплетение современных и древних форм. Можно сказать, что «на Южном Урале доюрская поверхность является непременной основой современного рельефа, определившей весь дальнейший ход его развития, и вместе с тем не имела никакого отношения к первым фазам формирования рельефа и находится в резком противоречии с главными тенденциями его формирования»<sup>1</sup>.

Современный рельеф, в облике которого явственно проступают основные черты древнего рельефа, я предложил бы обозначать термином *палимпсестовый рельеф*. В природе такие случаи, повидимому, не так редки, хотя только немногие авторы достаточно подробно описывали их. Палимпсестовая речная сеть по тенденциям своего развития, очевидно, противоположна эпигенетической. Что касается Южного Урала, то необходимо сказать, что в исследованиях А. В. Хабакова не все еще представляется достаточно выясненным: именно неясно, почему послепалеогеновая речная сеть, развившаяся на субстрате из горизонтальных морских слоев, почти нацело перекрывших древний доюрский рельеф, в своем развитии обнаружила тенденцию имитировать этот древний рельеф, а не дала систему — как этого можно бы ожидать — эпигенетических долин. Не исключена возможность того, что послепалеогеновая эволюция рельефа обусловилась в некоторой степени и дифференциальными движениями литосферы, а эти последние в известной мере определялись основными неровностями юрского рельефа.

Некоторый намек на возможность такого именно рода условий дают следующие замечания только что цитированного автора: «несколько поверхностей почти-равнины намечаются также и на Южном Урале. Одна из этих поверхностей образовалась еще ко времени отложения континентальных толщ нижней юры, другая возникла видимо до отложения палеогена. Возрастные отношения отдельных поверхностей на Южном Урале выясняются в результате подробного сопоставления состава и условий залегания коррелятивных

<sup>1</sup> С.М. Изв. Гос. Геогр. О-ва. • т. 57, вып. 2, 1934, стр. 190.

осадков с особенностями древней морфологии. Разделение поверхностей только на основании различия уровней могли привести к неправильным заключениям, так как местами ступени поверхности возникали одновременно. Благодаря неодинаковому литологическому составу толщ, *местами же прежний единый уровень был разбит последующими дизъюнктивными нарушениями*».

Будущие исследования должны разъяснить этот вопрос, тем более важный и интересный, что он лишней раз показывает, какая сложная совокупность факторов обуславливает наблюдаемую сейчас картину устройства поверхности той или иной страны.

### Понятие об энергии рельефа.

Если мы возьмем как исходный высокогорный рельеф в том виде, как он охарактеризован выше, то при условии устойчивости базиса эрозии неизменности климатических условий его эволюция с течением времени будет идти все более и более замедленным темпом по мере того, как разница относительных высот уменьшается. Поэтому степень вертикального расчленения рельефа является важным фактором хода его дальнейшей эволюции. Напомним, кроме того, что ни гипсометрическая карта сама по себе, ни профили, ни вообще другие принятые в настоящее время способы изображения рельефа, кроме разве рельефных карт, изготовление которых для больших площадей не всегда осуществимо, не дают полного представления о пластике рельефа, так как всякая форма является телом трех измерений, а план и профиль дают о нем представление лишь в двух измерениях. Поэтому Партч предложил ввести в геоморфологию понятие об *энергии рельефа*, которому теперь некоторые геоморфологи начинают придавать важное значение для характеристики морфологического ландшафта и для классификации форм вообще. Партч понимал под энергией рельефа «расстояние (высотное) между вершинами (высшими точками рельефа) и долинными ложами», Кребс — «разницу в высотах между соседними полыми и положительными формами», Шрепфер и Калльнер отмечают, что большинство авторов понимает под энергией рельефа наибольшую разницу высот в пределах любой площади страны, ограниченной известными рамками. Шрепфер и Калльнер обращают внимание на то, что энергия рельефа не есть однозначное понятие. Энергия рельефа никогда не может быть отнесена к одному пункту, а всегда к двум точкам, именно к конечным точкам линии, соединяющей пункты для которых установлена разница высот. Так как в рельефе преобладают не симметричные, а асимметричные формы, то можно говорить не только о максимальной и минимальной энергии рельефа, но и о средней, а возможно даже и о типической энергии рельефа, как о некоторой сборной величине.

Энергия рельефа является, следовательно, элементом линейным, а не точечным. Поэтому, если мы хотим изобразить на карте ее распределение, нельзя пользоваться кривыми, подобными изолиниям различных прикладных карт. Изолинии годились бы теоретически только для изображения средних величин энергии рельефа, но последние почти не поддаются или только с большим трудом

поддаются вычислениям. Поэтому метод картографического изображения распределения максимальной энергии рельефа, применяемый некоторыми авторами, другим представляется неразумным.

Шрепфер отдает предпочтение картограмматическому способу. Для западной Германии им составлена в сотрудничестве с Калльнером картограмма максимальной энергии рельефа в масштабе 1 : 1 000 000. Вся площадь разбита на квадраты со сторонами длиной в 5 км. В каждом квадрате максимальная энергия рельефа получается как разница между высотой наивысшего и наименьшего пунктов в данном квадратике: эта разница соответствует расстоянию, равному в пределе диагонали квадрата (7,07 км). Квадраты покрыты различными, соответственным образом подобранными красками. Краски взяты для значения максимальной энергии рельефа в 0—20, 20—50, 50—120, 120—200, 200—350, 350—500 и выше 500 м. Цвет легенды, соответствующий, например, 50—120, обозначает, что в полях, покрытых им, при расстояниях самое большее в 7 км не встречается разницы высот больше 120 м, зато могут встречаться разницы высот, превосходящие 50 м. Такие картограммы весьма ценны для наглядного суждения об особенностях рельефа целых больших пространств.

Карты и картограммы распределения энергии рельефа начали составляться в последние десятилетия по почину Партча, а затем, главным образом, Кребса для различных частей Германии, частью Восточных Альп и Австралии.

### Рельеф бедленд (badlands).

Своеобразный тип рельефа *бедленд* возникает в том случае, когда грунт страны состоит из водонепроницаемых пород, осо-

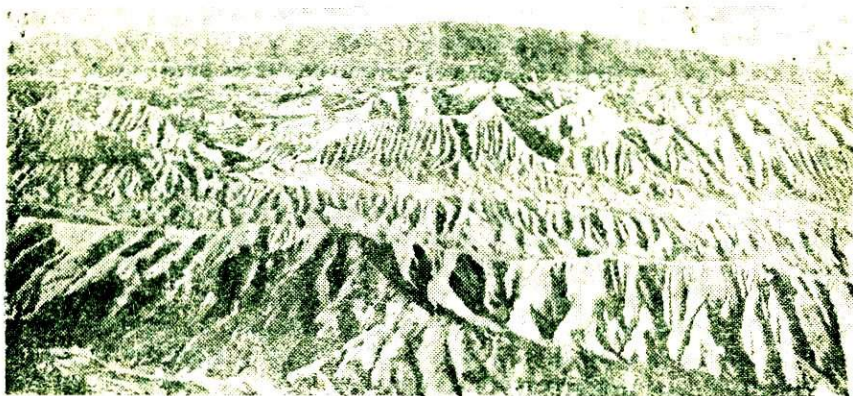


Рис. 140. Характер рельефа badlands.

бенно из таких, которые легко распадаются при выветривании в мелкую щебенку, или же из рыхлых глинистых масс, не защи-

ценных сколько-нибудь связным растительным покровом, следовательно, в условиях аридного (сухого) климата. Дождевые потоки и ручьи создают тогда на поверхности такой страны чрезвычайно прихотливую и сложную сеть эрозионных борозд, которая обуславливает в высшей степени запутанный, богатый мелкими деталями рельеф, для которого характерно наличие множества инсеквентных дренажных артерий. Такой рельеф американские геоморфологи обозначают названием *badland* (негодные, неудобные местности) (рис. 140). Иногда такой тип рельефа развивается на твердых водонепроницаемых породах, как, например, на гранитах или гнейсах. Примеры такого рода ландшафта описаны для некоторых местностей запада Северной Америки, в южной Дакоте, в провинции Чили в Китае; у нас в СССР имеются аналогичные образования на Мангышлаке и в некоторых других местах Азиатской части СССР.

Описанный тип рельефа вполне оправдывает свое название тем, что он трудно проходим и непригоден для земледельческой культуры.

---

## ГЛАВА XII.

### ПОЛЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА.

*Полыми*, или *отрицательными*, формами рельефа называются ровные или вогнутые участки земной поверхности, со всех сторон или почти со всех сторон окруженные возвышениями. Они бывают чрезвычайно разнообразны как по своей форме, так и по размерам и могут располагаться на самых различных гипсометрических уровнях, начиная с прибрежно-морских равнин и кончая поверхностью высочайших в мире нагорий (например, Тибетского, Памирского) и горных возвышенностей.

Более крупные полые участки земной поверхности, представляющие не что иное, как пониженные пространства между отдельными горными массивами или вообще повышенными участками литосферы, принято называть в собственном смысле слова *впадинами*. Их очертания и размеры определяются, главным образом, формами и размерами окружающих их возвышенностей. Таким образом они не имеют какой-нибудь ясно выраженной геоморфологической физиономии и могут быть рассматриваемы лишь в связи с соседними положительными крупными формами земной поверхности. Сюда относятся многие внутриконтинентальные впадины — например, Паннонская в Европе, Турфанская и Таримская в Азии, впадина, в которой располагается Великое Соленое озеро в Северной Америке, и ряд других в Америке, Африке, Австралии.

Большие впадины часто бывают не совсем замкнуты со всех сторон, или, вернее, высоты их по периферии колеблются в самых широких пределах.

Формы рельефа, представляющие углубления, замкнутые со всех сторон, носят название *ванн*, или *котловин*. Они обладают свойственной каждой из них более отчетливой и индивидуально выраженной формой, или совершенно не зависящей, или лишь в малой мере зависящей от характера примыкающих к ней более крупных участков литосферы. Среди этих форм мы можем проследить все переходы от очень мелких маленьких блюдцеобразных углублений до весьма глубоких выемок в земной коре. Равным образом чрезвычайно колеблются и самые очертания их. Нередко они заполнены водой и в таком случае называются *озерами*.

Незаполненные водой сухие котловины представляют образования, почти не выделяющиеся в ландшафте для наблюдателя, в то

время как озера, наоборот, сразу бросаются в глаза даже в том случае, когда их глубина ничтожна. Вот почему котловинный рельеф наиболее отчетливо выделяется в ландшафте во влажных и умеренных странах, обуславливая своим наличием то, что принято называть *озерным ландшафтом*.

Впрочем, нередко и хорошо ограниченные со всех сторон углубления в земной поверхности называются, если они не очень мелки, впадинами. Для обозначения совершенно мелких плоских понижений в рельефе незначительного протяжения на русском языке установился термин *западинки*.

Если впадины или крупные котловины имеют дно, залегающее гипсометрически ниже уровня моря, их называют *депрессиями*. Такова, например, Турфанская (Люкчунская) сухая впадина в центральной Азии, у северной подошвы Тянь-Шаня, залегающая на 130 м ниже уровня моря, впадина Мертвого моря (дно на 793 м ниже уровня моря), впадина озера Байкал (дно на 1212 м ниже уровня моря), впадина Каспийского моря (дно лежит на 1157 м ниже уровня моря) и др.

Если впадина заполнена водой, то возможен случай, когда и уровень воды в ней и дно ее лежат ниже уровня моря: это *депрессия* в собственном смысле слова (примеры: Каспийское и Мертвое моря и др.). Если же уровень воды лежит выше уровня моря, а дно ниже, тогда мы имеем перед собой *криптодепрессию* (примеры — озера: Байкал, Ладожское, Онежское и многие другие).

### Впадины в собственном смысле слова.

На описании *впадин* мы здесь не будем долго задерживаться. Они представляют участки суши значительной протяженности, отличающиеся от соседних лишь относительно более низким положением и менее богатым расчленением рельефа.

Устройство поверхности их может быть весьма разнообразно. То они представляют равнину, то холмистую страну, отдельные части их могут иногда даже возвышаться над остальной частью впадины. Нередко они служат вместилищем значительных речных артерий (Дунай в Паннонской впадине, Рейн в Рейнской впадине, Тарим в Таримской впадине), причем орошающие их реки то оканчиваются в бессточных бассейнах, то прорезывают всю впадину и затем несут свои воды к открытому морю (таков Енисей, прорезывающий Урянхайскую впадину в пределах Тувинской автономной области, Дунай, протекающий через Паннонскую впадину, Иртыш, пересекающий Зайсанскую впадину, река Чу — Иссык-Кульскую впадину и пр.).

Пониженные участки впадин сплошь и рядом представляют заполненные водой котловины — озера Иссык-Куль, Балхаш, Арал, Каспий и пр.

Все крупные впадины на поверхности суши обязаны своим происхождением почти исключительно тектоническим процессам. Для геологического строения их характерно то, что они обычно бывают сложены толщами пород, по возрасту своему более

молодыми, чем те, из которых построены окружающие их высоты.

Так, например, впадина Иссык-Куля, достигающая, по исследованиям Берга, более 700 м глубины, несомненно тектонического происхождения, заполнена третичными и четвертичными отложениями, между тем как окружающие ее с севера и с юга хребты Терской Алатау и Кунгей Алатау построены из палеозойских и мезозойских слоев и кристаллических пород. Паннонская впадина выполнена морскими и пресноводными толщами третичных отложений, между тем как Карпаты и Динарские Альпы построены из более древних слоев. Естественно, что в составе новейших рыхлых отложений, выполняющих впадины, существенную роль играют обломки пород, снесенных с окружающих возвышенностей.

### Котловины (впадины в более узком смысле слова).

Котловины могут возникать в результате решительно всех геологических процессов, как внутренних (эндогенных), так и действующих на земной поверхности (экзогенных). В генезисе некоторых котловин иногда принимают участие один или несколько факторов одновременно или последовательно один за другим (например, тектонические движения и ледники, тектонические движения и эоловые агенты и т. д.).

По происхождению различают котловины:

1. *Тектонические* — среди которых можно, в свою очередь, выделить: синклиналильные (мульды), сбросовые, грабеновые и пр.

2. *Вулканические* — возникающие или в результате вулканических взрывов (кратеры, маары), или вследствие обрушений (кальдеры), или в силу образований вулканических трещин.

3. *Эрозионные* — образующиеся на местах особенно интенсивной эрозии: речной (водоороты) или ледниковой (котловины вылаживания).

4. *Эоловые* — возникающие в результате ветрового развевания (котловины дефляции).

5. *Провальные* — являющиеся следствием действия подземных вод (карстовые явления, обрушения при искусственных работах и пр.) или стаяния погребенных масс льда и пр.

6. *Денудационные* — представляющие результаты разнообразных процессов выветривания на твердом скалистом субстрате (например кары на склонах снеговых гор).

7. *Аккумулятивные* — образующиеся в местах неравномерного накопления рыхлых продуктов любыми как вулканическими, так и экзогенными агентами (речной водой, ледниками, ветром, морским прибоем).

8. *Плотинные* — представляющие уже существовавшие понижения в рельефе, перегороденные впоследствии с какой-нибудь стороны рыхлыми (оползни, обвалы, морены, дюны, вулканические туфы и пр.) или твердыми перемычками (потоками лавы, ледниками и т. п.) (рис. 141).

9. *Органогенные* — углубления на растущих сфагновых верховых болотах.

10. Котловины *выщелачивания* (в карстовых областях: воронки, шахты, колодцы).

11. Котловины (западины) *оседания* — получающиеся в результате оседания субстрата вследствие уплотнения его или в результате почвообразовательных процессов.

Форма впадин, независимо от их происхождения, может быть весьма различной — округлой, эллиптической, вытянутой, изогнутой или же неправильной

лопастной и т. д. Весьма часто внешние очертания находятся в прямой зависимости, от способа происхождения. Так, вулканические взрывные впадины (кратеры, маары) всегда обладают округлой формой, обычно замкнутой со всех сторон. Кальдеры чаще всего имеют форму неполного, прерванного на большем или меньшем протяжении круга. Такими же округлыми очертаниями обладают небольшие западинки в степях (блюдца), или впадины, образовавшиеся на месте стаявших масс ископаемого мертвого льда. Моренные впадины чаще всего характеризуются весьма неправильными лопастными очертаниями. Вытянутую форму имеют понижения между грядами дюнами

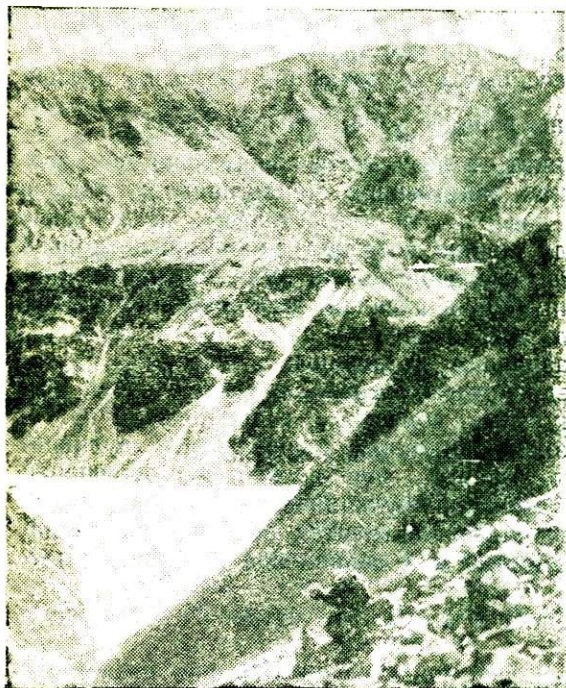


Рис. 141. Подпруженное Сарезское озеро на Pamire. На заднем плане типичный конус выноса (фото Г. Л. Юдина).

и впадины между грядами конечных морен, нередко также и впадины концевых ледниковых бассейнов.

Тектонические движения земной коры могут давать отрицательные формы рельефа самых различных очертаний — сильно вытянутые (озера: Байкал, Танганьика, Ньясса и др.), почти округлые или прямоугольные (Ладожское озеро), серповидные или сплюснутно-треугольные (Иссык-Куль).

В карстовых областях отрицательные формы рельефа имеют форму то шахт и колодцев с крутыми стенками, то воронок, то вытянутых котловин или слепых долин (поля).

## Эволюция рельефа котловин.

Замкнутые отрицательные формы рельефа могут сохраняться долгое время лишь в таких местах, где по каким-либо причинам нивелирующая деятельность водно-эрозионных и сопутствующих последним аккумулятивных процессов или вовсе не проявляется, или проявляется более слабо, чем работа агентов, создающих впадины. Такие условия мы находим в странах аридных (с сухим климатом), в странах, покрытых ледниками или водой (на дне озерных или морских водоемов), в областях, сложенных водопроницаемыми породами (карстовых), в областях, характеризующихся явлениями интенсивного выветривания и обширно распространенными явлениями движения горнокаменных масс (в высоких горах), или, наконец, там, где тектонические движения земной коры совершаются еще и теперь, или совершались в недавнее время таким темпом, что результаты их не успели замаскировать денудационные процессы.

Но, независимо от сказанного, морфология раз возникшей тем или иным способом котловины будет в дальнейшем подвергаться изменениям, главным образом, в зависимости от того, заполнена ли она водой или нет.

*Сухие* (не заполненные водой) котловины наблюдаются преимущественно в странах аридных; реже мы находим их в странах с климатом умеренным или влажным — главным образом, в карстовых областях, еще реже в областях развития основного моренного ландшафта.

В странах сухих пустынных (в центральной Азии, в Америке, в африканских пустынях, внутри Австралийского континента и др.) котловины, не заполненные водой, составляют весьма существенную часть ландшафта. Если они окружены значительными возвышенностями, то продукты выветривания с последних выносятся в громадном количестве в пониженные места и мало-помалу заносят последние, нередко выполняя их до краев. Впрочем, такие междугорные понижения скорее должны быть отнесены к категории настоящих впадин, а не котловин. В заносе их разным материалом принимают деятельное участие как периодические дождевые потоки (пролювий), так и медленное сползание с горных склонов громадных толщ элювиального и делювиального материала, получающегося в результате чрезвычайно интенсивно проявляющегося в этих местах выветривания. Такие сухие котловины, заносимые громадным количеством рыхлого материала, доставляемого с окружающих их возвышенностей периодическими потоками (*силлами*), в бассейне Великих Озер Северной Америки известны под названием *больсон*.

В менее гористых пустынных странах деятельную роль в преобразовании поверхности сухих котловин играют эоловые агенты. Редкие ливни наносят в них большие количества мелкозема и более крупного обломочного материала, отлагающегося преимущественно вдоль периферии котловин. В остальное время их почва, подвергаясь интенсивной инсоляции, доставляет массу мелкозема,

являющегося благодарным материалом для развевания ветром. Выделение солей в почве (гипса, хлористых и углекислых солей) не предохраняет их от этого процесса денудации. Поверхность их поэтому представляется неровной, покрытой углублениями, чередующимися с более повышенными участками, иногда бывает отчасти занята дюнными нагромождениями и т. д.

В карстовых областях, в ранних стадиях развития карста, отрицательные формы рельефа имеют тенденцию к возрастанию в размерах и в количестве: увеличивается число воронок, шахт и колодцев; шахты превращаются в воронки, воронки — в поля (см. ниже).

В отрицательных формах среди моренного ландшафта, как это уже отмечалось, преобладает тенденция к накоплению материала, сносимого с прилегающих холмистых возвышенностей, и, следовательно, к общему их заносу и к маскировке таким путем неровностей рельефа.

### Озера и внутренние моря.

Замкнутые понижения на суше, заполненные водой и образующие следовательно стоячие водоемы, называются обычно *озерами*. Только немногие более крупные и содержащие соленую воду называются морями (Каспийское и Аральское моря). Байкал иногда также называется местными жителями морем.

В пределах СССР находятся величайший в мире по площади замкнутый водный бассейн на суше — Каспийское море — и ряд огромных озерных водоемов (Байкал, Ладожское, Онежское озера, Аральское море, озера — Балхаш, Иссык-Куль и многие другие).

Обилием громадных озер отличается также Северная Америка (область Великих озер) и восточная Африка (озера Альберт, Виктория, Танганьика, Ньясса и др.).

Приводим для примера площади, занятые некоторыми из более известных внутриконтинентальных водоемов и их глубину.

	Площадь в кв км	Макс. глу- бина в м
Каспийское море . . . . .	424,300	975
Байкал озеро . . . . .	31 500	1741
Аральское море . . . . .	63 800	68
Балхаш озеро . . . . .	17 300	26,5
Ладожское „ . . . . .	18 400	230
Онежское „ . . . . .	9 900	120
Севан „ . . . . .	1 400	28,7
Верхнее „ США . . . . .	82 400	397
Гурон „ . . . . .	59 600	229
Мичиган „ . . . . .	58 000	281
Танганьика „ . . . . .	32 900	1435
Ньясса „ . . . . .	30 800	706
Мертвое море . . . . .	914	399
Женевское озеро . . . . .	582	309

В сравнении с этими бассейнами высокогорные каровые озера представляются совершенно ничтожными, занимая десятые и сотые доли квадратных километров.

По качествам содержащейся в них воды озера подразделяются на *соленые, солоноватые* и *пресные*. Большая или меньшая степень минерализации воды в них зависит от отношения водоемов к гидрографическим артериям.

*Бессточными* называются замкнутые водоемы на суше, не имеющие постоянного поверхностного стока. В большинстве случаев в них впадают какие-нибудь реки, по отношению к которым такие бассейны являются, следовательно, конечными (Каспийское море является конечным бассейном для Волги, Урала, Терека; Аральское — для Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи; Балхаш — для Или, Лепсы и др.; Мертвое море — для Иордана; Лоб-Нор — для Тарима и др.). Так как реки вносят в эти бассейны соли, которые постепенно концентрируются в них, то вода в конечных бессточных озерах в подавляющем большинстве соленая или солоноватая. Лишь в том случае, если такие озера имеют подземный сток или если они возникли в недавнем геологическом прошлом, вода в них может быть пресной или слабо солоноватой (например, озера Чаны, Сартлан, Исык-Куль, Чад). Иногда концентрация солей в различных частях одного и того же бассейна варьирует (например, в Балхаше вода сильно соленая у северных берегов, почти пресная в середине озера). Концентрация солей колеблется в небольших озерах в зависимости от атмосферных осадков.

*Переменными* называются такие озера, которые то имеют сток, то на время лишаются стока, что зависит от колебаний климатических факторов, главным образом, от колебаний в количестве выпадающих атмосферных осадков. Так, озеро Танганьика иногда имеет сток к бассейну Конго через реку Лукугу, иногда утрачивает его. К таким же временно стекающим озерам принадлежат озера: Платтенское, Ньясса, Чад и др.

*Проточными* (речными) называются озера, находящиеся на пути течения рек. Они принимают в себя реки и в то же время имеют постоянный сток, являясь, таким образом, более или менее крупными расширениями речных бассейнов. Сюда относится подавляющее большинство пресных озер умеренного пояса: Байкал, Онежское, Ладожское, Ильмень, Чудское, почти все озера Финляндии и южной Швеции. К речным озерам относятся также и так называемые *старицы* (*староречья*), т. е. остатки старого русла, отчленившиеся от последнего в процессе заноса рекой своего ложа аллювиальным материалом и изменения своего течения.

*Слепыми* называются озера, имеющие подземный сток. В большинстве случаев уровень их весьма чувствительно колеблется в зависимости от количества атмосферных осадков. Сюда относятся многие карстовые озера.

Наконец, имеются и такие озера, которые существуют только временно. После сильных ливней в пустынных областях пони-

женные пространства (плоские котловины) заливаются дождевыми водами, образующими мелкие, более или менее обширные водоемы, обыкновенно высыхающие через короткие промежутки времени и оставляющие после себя ровные глинистые пространства, известные под названием такыров.

К временным озерам можно отнести и так называемые *соры*, или *согры*, — обширные, затопляемые при половодьях приречные пространства в долинах крупных равнинных рек (Иртыша, Оби), обыкновенно стоящие в более или менее открытой связи с главной речной артерией и высыхающие при общем спаде вод в реке.

### Происхождение озер.

Следует различать происхождение самого озера, как скопления воды, и *происхождение* того *углубления*, которое эта масса воды занимает. Сплошь и рядом озерная котловина (впадина) возникает задолго до самого озера и существует длительное время в виде сухой впадины. Иногда, наоборот, водная масса, покрывающая известную площадь, может быть разделена теми или иными процессами (тектоническими или аккумулятивными) на отдельные замкнутые водоемы. Так, морские течения при устойчивом положении или подъеме береговой линии могут отделять от моря отдельные бухты и превращать их в лагуны и озера. К такому же результату могут приводить и тектонические движения земной коры.

Отделившиеся от моря части его, превратившиеся в озера, называются *реликтовыми*. В прежнее время географы склонны были большинство соленых озер и даже многие пресные считать реликтовыми. Так, например, принимали, что многочисленные озера в южной части Западно-Сибирской равнины суть реликты третичного моря, некогда покрывавшего эту равнину. В действительности, однако, реликтовых озер не так много, и они большей частью бывают приурочены к соседству прибрежно-морских зон. Наличие соленой воды отнюдь не может еще служить само по себе свидетельством реликтового происхождения того или иного озера. С одной стороны, настоящие части моря, отделившиеся от последнего тем или иным путем, могут с течением времени — при наличии благоприятных климатических условий — опресниться; с другой стороны, любой бессточный или конечный водоем в условиях степного или пустынного климата рано или поздно подвергается осолонению, так как вносимые в него атмосферными и речными водами соли будут в данном водоеме все больше и больше накапливаться, увеличивая концентрацию раствора. Даже такие бассейны, как Каспийское и Аральское моря, не могут считаться реликтовыми, хотя они и располагаются действительно на месте древнего морского бассейна.

История Каспийского моря хорошо освещена работами западноевропейских и русских ученых. Существовавшее в середине миоцена в южной Европе море, протягнувшееся на восток через южную часть СССР вплоть до области современного Каспийского моря, мало-помалу потеряло связь с откры-

тым океаном и стало опресняться уже к началу плиоцена. Оно распалось впоследствии на ряд обособленных бассейнов, существовавших на месте современной Венгерской низменности, Черного и Каспийского морей. К концу третичной эпохи (к концу плиоцена) они совершенно опреснились, и в них жила фауна, известная в геологии под названием *левантинской фауны*, представители которой найдены и в Западной Сибири (в окрестностях Омска). Геологическая история каждого из этих бассейнов, начиная с конца третичной эпохи, шла самостоятельным путем. В частности на месте южной части Каспийского моря в это время произошли глубокие сбросовые опускания, в результате которых окончательно сформировалась впадина, занятая в настоящее время Каспием. При этом уже в четвертичное время равнинское море неоднократно испытывало сокращения и расширения в связи с резкими колебаниями климата, характеризовавшими постплюоценовый период. За это время по крайней мере дважды устанавливалась связь Каспия с Черным морем. Окончательное обособление и осолонение произошло после того, как он превратился в бессточный бассейн и когда климатические условия резко изменились в сторону большей континентальности. Таким образом, очевидно, что Каспийское море по истории своего развития только условно не может быть причислено к реликтовым бассейнам.

Все озера, по условиям своего происхождения и развития не связанные с морскими бассейнами, относятся к категории *континентальных*, или *материковых*.

По составу воды их можно разделить на *соленые* (минеральные) и *пресные*.

Подавляющее большинство минеральных озер содержит в растворе, главным образом, хлористые и сернокислые соли (натрия, магния, кальция). Те, в которых преобладает поваренная соль, называются просто солеными. При наличии большого количества магниевых солей озера называются горькосолеными или горькими. Если преобладающей в озере солью является мирабилит, они называются глауберовыми. В некоторых озерах преобладают хлористые и магниевые соли (в Эльтонском озере, в Мертвом море; в последнем немало калийных солей). Сравнительно редки озера, содержащие воду, богатую углекислым натрием (содовые озера) или борными соединениями (борные озера). К натровым озерам принадлежат: Ван в Армении, некоторые небольшие озера Забайкалья, Венгерской низменности.

В пределах СССР минеральные озера в большом количестве известны на юго-востоке Европейской части Союза (Эльтон, Баскунчак и др.), в южной степной полосе Западно-Сибирской равнины (в Ишимской и Кулундинской степях), в Хакасской автономной области, в Минусинском районе и в южном Забайкалье. Среди них наряду с солеными озерами имеются и глауберовые, содовые, равно как и многочисленные горькосоленые.

### Географическое распространение озер. Озерные страны.

Мы видели, что впадины вообще развиваются и лучше всего сохраняются в тех странах, где по тем или иным причинам денудация и эрозия проточных вод оказываются не в состоянии уничтожить эти полые формы рельефа наносным материалом и, следовательно, сивелировать рельеф. Такие условия господствуют в странах с сухим климатом (пустынных), в странах, где

почва слагается водопроницаемыми породами (карстовые области), в странах, испытывавших в недавние времена значительные тектонические нарушения, и, наконец, в странах, подвергавшихся в недавнем геологическом прошлом обширному оледенению.

Изучение географического распространения озер показывает, что подавляющее большинство их приурочено именно к таким областям. Так, великая зона разломов, идущая от Сирии через Палестину и Красное море вдоль восточной Африки до Замбези, отмечается наличием ряда крупных озер (Мертвое море, озера Рудольф, Альберт, Танганьика, Ньясса и др.).

Изобилуют озерами степные и полупустынные страны, прилегающие к сухим странам. Можно думать, что в них многие из котловин, занятых в настоящее время озерами, образовались в прежние времена, при ином более сухом климатическом режиме и что эти впадины заполнились водой впоследствии в результате смещения климатических зон (смещения пустынных зон к экватору).

Но наибольшим богатством озер отличаются области великого четвертичного оледенения севера Европы и Америки. Крупные озера США и Канады, южной и средней Швеции, бесчисленные озера Финляндии, многочисленные крупные и мелкие озера севера Европейской части СССР, Эстонии, Латвии, Литвы, Белоруссии и северной Германии — все лежат в границах распространения великого ледника четвертичного периода, преимущественно в краевых зонах древнего ледника или в местах, где он при отступании долго задерживался. По исчислениям Стрельбицкого, озера в Финляндии занимают площадь в 48 071 кв. км, т. е. 12,86% всей поверхности страны, в Швеции они покрывают 8,20% всей площади. Колоссальные пространства занимают озера древнеледниковых областей США и Канады (область Великих Озер около 245 000 кв. км), а также в Карелии и Ленинградской области (площадь Ладожского и Онежского озер вместе 28 300 кв. км, т. е. почти в 30 слишком раз превосходит площадь Мертвого моря). Надо оговорить, что многие озера древнеледниковых областей, особенно более крупные (Ладожское, Онежское, Венерн, Веттер, Мелар, Великие озера США и др.), повидимому, представляют сложные образования, в генезисе которых, наряду с ледниками, могли играть роль и тектонические движения земной коры.

В областях древнего материкового оледенения озера скапливаются в особенном изобилии в зонах конечных морей и непосредственно к северу от последних. Так, в северной Германии конечно-моренные области усеяны озерами весьма прихотливых очертаний. В южной Финляндии главная масса озер сосредоточена к северу от конечно-моренных дуг Сальпауселька. В северной Германии область развития основного моренного покрова древнего четвертичного ледника местами усеяна множеством небольших округлых озерков, так называемых селлей, или пфулей, образовавшихся на месте стаявших, бывших заключенными в морене масс погребенного льда.

Весьма многочисленны озера и в некоторых районах северной Сибири (в Якутской АССР, в районе Норильска, где, впрочем, генезис их недостаточно выяснен). Вероятно и здесь многие из них приурочены к областям древнего оледенения, между тем как в других местах в их генезисе участвовала очевидно и вечная мерзлота, а возможно и тектоника (некоторые из озер, расположенных к востоку от низовьев Енисея).

Точно так же многочисленны озера и в горах, подвергавшихся прежде интенсивному оледенению. Здесь они располагаются то в конечных языковых бассейнах, по окраинам гор (Вюрмское, Химское, Аммерское, Лаго-Маджиоре, Комо, Гарда), причем в таких случаях они то запираются снизу высокими моренными валами и иногда достигают большой глубины (так, Лаго-Маджиоре достигает в глубину 372 м, Боденское 252 м, Женевское 310 м, Комо 409 м), то приурочены к внутренним частям гор (Цюрихское, Фирвальдштетское).

В более высоких зонах часты каровые озера, нередко располагающиеся уступами одно над другим. Каровые и другие древнеледниковые озера обычны и в наших сибирских горах, в областях древнего оледенения (Телецкое озеро, многие каровые озера в Кузнецком Алатау, озера Можарские в Восточных Саянах, Ойское и Буйбинское озера в хребте Ергаки в Западных Саянах, озеро Золотая Чаша на северном склоне Западного Саяна и пр.).

Горными озерами изобилуют также подвергавшиеся сильному оледенению в четвертичное время Шотландия, Норвегия и другие страны. Наоборот, некоторые другие горные хребты, как, например, Пиренеи и Кавказ, сравнительно бедны озерами, хотя они также были покрыты в четвертичное время обширными ледниками. Причина такого отличия Кавказа от Альп еще вполне не выяснена. Возможно, что она заключается в том, что в образовании озерных котловин, кроме работы самих ледников, большую роль играют также и тектонические движения земной коры, которые в Альпах могли проявляться с большей энергией и большим многообразием, чем на Кавказе.

### Эволюция озерных бассейнов.

Все озера представляют образования временные, подверженные более или менее быстрым изменениям, рано или поздно ведущим к полному их исчезновению. Эволюция озер зависит от колебаний их уровня, с одной стороны, и от изменения объема и формы самого бассейна, заполненного водой, — с другой.

Колебания уровней озер могут вызываться климатическими причинами или же заносом озерного водоема рыхлым материалом, или, наконец, тектоническими причинами.

Уже отмечалось, что многие озера, преимущественно слепые и временные, весьма чувствительны даже к сезонным изменениям в количествах атмосферных осадков. Уровень их поэтому подвержен быстрым неправильным колебаниям положительного или отрицательного характера.

Более длительные климатические изменения влекут за собой и более определенные изменения уровней озер в ту или иную сторону — их усыхание или, наоборот, обогащение водой. На многих озерах, например, в Западной Сибири, целым рядом исследователей отмечаются резкие следы усыхания за последние десятилетия; на других, наоборот, длительные, измеряемые десятками лет, периоды понижения уровня чередуются с такими же периодами прибыли воды (например, Аральское море). Такие колебания, очевидно, находятся в связи с многолетними периодами изменений климата. Не следует упускать из вида, что иногда сокращение объемов или повышение уровней озер объясняется не усыханием или увеличением влажности, а другими причинами: например, заболачиванием, заносом рыхлым материалом и т. п.

Быстрый привнос больших количеств рыхлого материала при неизменности количества воды в озерном бассейне может повести к повышению его уровня. Если берега озера отлогие, то повышения на несколько метров достаточно, чтобы произошло затопление берегов на далекие расстояния и чтобы значительно увеличилась площадь водного бассейна, а следовательно, и площадь испарения воды, что, в свою очередь, даже при устойчивости климатического режима может повести к общему сокращению количества влаги, содержащейся в водоеме. Особенно резко влияет привнос аллювиального материала в неглубокие конечные озера, в которые впадают крупные реки. Такие озера не только подвержены быстрому изменению своего уровня, но и весьма скоро меняют свое географическое положение. Примером может служить озеро Лоб-Нор, в котором оканчивается река Тарим. Лоб-Нор не только весьма быстро меняет свои очертания, но и довольно заметно с течением времени смещается в целом, как бы отгоняемый наносами Тарима в направлении с запада на восток.

Длительность существования озер до известной степени зависит от их размеров и глубины. Для многих крупных внутриматериковых бассейнов с достоверностью установлено, что они существуют в том или ином виде уже давно, с начала четвертичного периода или даже еще ранее, со времени третичной эпохи, причем за это время сильно успели изменить свои очертания и размеры (примерами могут служить Байкал, Иссык-Куль, Арал, Каспий, Балхаш, некоторые из крупных восточно-африканских озер и т. д.).

С конца ледникового периода до настоящего времени уровень таких озер, как Ладожское, Онежское, Байкал, Иссык-Куль и многие другие, сильно понизился, что отчетливо устанавливается по береговым террасам. О резком сокращении Каспийского бассейна после ледникового периода уже говорилось. Во впадине так называемого Великого Бассейна у восточной подошвы Сиера-Невады в США в ледниковый период существовали громадные озера, занимавшие площадь больше 100 000 кв. км, от которых теперь остались лишь сравнительно ничтожные озерные бас-

сейны (Великое Соленое озеро, Уокер и др.), занимающие едва седьмую часть прежнего пространства.

Мелкие озера, особенно расположенные в открытых степях или в горах, наоборот, исчезают очень быстро. Так, по данным Зупана, в Тироле за одно XIX столетие исчезло 118 озер.

### Морфология озерных берегов:

Изменения формы и объема озерных водоемов обуславливаются воздействием водной оболочки самого озера на свои берега и накоплением обломочного и органического материалов на дне озера. Остановимся вкратце на обоих процессах.

Береговая линия, по которой поверхность водной оболочки озера соприкасается с суши, обычно отмечается в рельефе более или менее заметным изломом: выше этой линии идет денудация склонов озерного водоема, ниже, наоборот — отложенные материала. Сносимые с суши обломки горных пород прежде всего отлагаются по окраинам озера, образуя здесь подводную террасовидную площадку, которая Обручев называет *отсыпью*. Более мелкие части — мелкий песок, ил — уносятся дальше от берега и медленно осаждаются на дно, постепенно повышая его уровень. В процессе повышения озерного дна участвуют также химические выделения из озерной воды (озерный мел, или мергель), равно как перегнойный органический материал (сапрпель), получающийся в результате заноса в озеро растительных обломков, пылицы а также отмирания флоры и фауны, населяющих данное озеро. Что касается обломочного материала, то в озерах не имеющих притоков, он получается в результате смыва со склонов водоема атмосферными водами или ветровой деятельности.

В заполнении конечных и проточных озер главную роль играют приносимые реками массы аллювиального материала. Кроме того, в ряде случаев следует учитывать также те количества обломочного материала, которые само озеро отрывает от берегов работой своих волн.

Прибойная деятельность волн наблюдается, главным образом, на возвышенных берегах озер. На плоских берегах, наоборот, как и на морском побережье, обычно накапливаются *береговые валы*, обязанные своим происхождением или работе волн, или же деятельности льда в зимнее время. Последнего рода валы наблюдаются на многих озерах северной части СССР и в Сибири.

Механическое воздействие озерных волн на берега, естественно, зависит от силы волнения, какие ветры могут произвести на поверхности водоема, чем меньше препятствий встречает ветер, тем сильнее может быть волнение и тем ощутительнее, следовательно, может отражаться на конфигурации берегов механическая работа прибой.

Кроме того, в больших озерных бассейнах возможны и береговые течения, аналогичные морским. Поэтому на берегах круп-

ных водоемов, особенно на возвышенных. можно наблюдать почти все формы береговых образований, какие встречаются и на берегах морей (см. ниже), кроме коралловых сооружений. На возвышенных берегах и здесь имеется обычно так называемый *клифф* (*обрыв*), образованный прибоем волн и обвалом скалистых масс, нависающих над волноприбойной линией; затем — выемка в подошве клиффа, покатая к воде полоса (*пляж*), во время бурь заливаемая волнами, а в обычное время сухая, затем — *подводная площадка* и, наконец, *подводная терраса накопления*.

Наблюдаются в озерах все типы берегов — гладкие, бухтовые, изрезанные, а также и все формы накопления и выравнивания

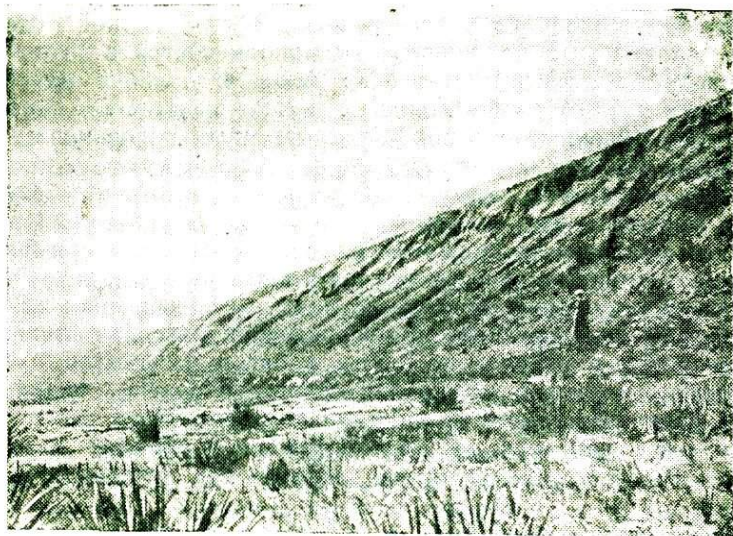


Рис. 142. Древнеозерная терраса на озере Ит-куль, Хакассия  
(фото Я. С. Эдельштейна).

береговых очертаний, обязанные своим происхождением деятельности впадающих в озеро рек и береговых течений — косы, отмели, пересыпи, лагуны, дельты и пр. Дельты, выдвигаемые в стоячие континентальные бассейны реками, по своим размерам иногда могут не уступать морским (дельта Волги в Каспии). Если уровень озера понизится, все эти береговые образования вместе с террасами могут сохраняться в той или иной степени, свидетельствуя своим наличием о более высоком положении уровня вод бассейна в прошлые времена (рис. 142).

Озера, имеющие сток, могут быстро понижать свой уровень вследствие углубления ложа вытекающих из них рек. Такое явление имеет, повидному, место в истории развития Байкала, дренируемого Ангарой, которая некогда текла на гораздо более высоком уровне. Иногда озеро, залегающее в горной котловине,

может быть спущено рекой, врезавшейся своим верховьем в горные возвышенности, окружающие озеро. Повидимому, таким образом, произошел раньше спуск части воды прежнего Иссык-Куля к северу рекой, подошедшей к нему с той стороны, где сейчас река Чу входит в Буамское ущелье.

Наконец, эпейрогенические прямые или косые подъемы и опускания литосферы могут точно также отражаться на колебаниях уровней озер.

На месте исчезнувших — спущенных или занесенных аллювиальными отложениями — озер остаются более или менее обширные идеальные равнины. Изучение их геологического состава представляет выдающийся интерес, так как последовательность отложения выполнивших данный водоем осадков и содержащихся в последних органических ископаемых может дать ключ к восстановлению полной истории и даже хронологии развития вмещающей их котловины.

В озерах, существовавших у края отступавшего на север великого скандинавского ледника, в конце ледникового периода отлагались так называемые *ленточные глины*, т. е. правильно, в определенном порядке, в зависимости от времени года, в которое они отлагались, чередующиеся тонкие слои песчаного и глинистого материала. Их систематическое изучение дало возможность скандинавским геологам (де-Гееру) разработать наиболее точный и совершенный метод абсолютного геологического летоисчисления (геохронологии). Путем изучения ленточных глин удалось не только установить, сколько времени прошло с конца ледникового периода до настоящего времени, но и выяснить скорость, с которой в отдельных местах отступал ледник, длительность существования (в годах) отдельных озерных бассейнов, располагавшихся у его края, отчасти химический состав этих вод (были ли это пресные или солоноватые озера), словом, воссоздать полную картину физико-географических условий конца ледникового периода. Несомненно, что дальнейшее усовершенствование методики изучения озерных осадков обещает дать результаты громадного геологического значения.

Напомним в заключение, что в озерных котловинах на дне нередко скопляются весьма ценные с промышленной точки зрения отложения органических илов (сапропеля) и что многие озера, подвергаясь зарастанию и заболачиванию, в конце концов, служат местом развития весьма важных залежей каустобиолитов (торфа). В более древних геологических отложениях такие залежи находятся в виде месторождений бурых и каменных углей и богхедов.

КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ И КАРСТОВЫЙ ЛАНДШАФТ<sup>1</sup>.

Своеобразный комплекс форм рельефа развивается в областях, сложенных массивными толщами сравнительно легко растворимых в воде горных пород (известняков, гипсов, солей).

По имени горной области Карст в районе Триеста, на северо-восточном побережье Адриатического моря, геоморфологический ландшафт, характеризующийся преобладанием таких форм, принято называть *карстовым*, или просто *карстом*, равно как и самые формы, из которых такой ландшафт складывается, называются *карстовыми формами*.

Своим происхождением карстовые формы обязаны совокупной деятельности поверхностных и подземных вод. Наряду с механической (эрозионной) деятельностью этих вод весьма существенную, сплошь и рядом даже преобладающую роль здесь играет химическая деятельность вод как поверхностных, так и в особенности подземных, а именно растворяющая, выщелачивающая работа их. Вот почему наиболее характерные черты карстового ландшафта определяются развитием именно полых, отрицательных форм рельефа, в то время как очертания и размеры разделяющих эти последние положительных форм являются в известной мере как бы производными от отрицательных.

По карстовым явлениям существует обширная литература, благодаря которой механизм и эволюция карстового ландшафта могут считаться выясненными с достаточной полнотой. Мы здесь остановимся лишь на наиболее существенных чертах карстовых форм и ландшафтов.

## Морфология карстового ландшафта.

От водно-эрозионного карстовый ландшафт отличается отсутствием отчетливо выраженного общего наклона для дренажной сети в одну сторону, в связи с весьма частым и неправильным чередованием вогнутых и повышенных участков поверхности, крайней редкостью и скудостью поверхностных проточных арте-

<sup>1</sup> В отличие от описанных раньше данных тип ландшафта базируется в большей мере на генетических, чем на морфографических признаках. В нашем курсе мы сочли полезным остановиться на нем особо.

рий, которые то скрываются внезапно вглубь, уходя по трещинам или воронкам, под землю, то, наоборот, столь же внезапно выйдут на поверхность из трещин и расщелин в скалах в виде более или менее обильных источников.

Настоящий карстовый ландшафт нередко бывает беден древесной растительностью, а иногда и почти совершенно лишен ее на повышенных участках, что объясняется неблагоприятными условиями почвообразования и увлажнения грунтовыми водами. Более благоприятные условия создаются на дне крупных карстовых впадин, где грунтовые воды стоят ближе к дневной поверхности и где они, кроме того, нередко выступают и на поверхность (см. ниже о полях): здесь развивается и более богатый растительный покров. Таким образом, в настоящем карсте нет налицо благоприятных предпосылок для интенсификации сельского хозяйства, но вообще карстовый ландшафт не следует представлять себе непременно пустынным. Наоборот, в настоящих пустынях карст сравнительно редко развивается в силу скудного увлажнения (см. ниже).

По условиям происхождения среди форм карстового ландшафта мы можем выделить:

1. Формы, происшедшие путем выщелачивания.
2. Формы, получившиеся в результате провалов и оседаний в почве.
3. Формы эрозионные.
4. Формы сложные, обязанные своим происхождением совокупности двух или нескольких из указанных процессов. Чисто эрозионные образования в настоящем карсте сравнительно редки и приурочены преимущественно к областям развития не совсем чистых разновидностей известняков или к плотным известнякам.

Формы, происшедшие путем выщелачивания, в свою очередь, подразделяются на поверхностные и подземные. Те и другие часто бывают связаны между собой генетически.

Карстовые формы чрезвычайно варьируют как по своим размерам, так и по индивидуальным особенностям тех или иных форм, относимых даже в одну категорию.

В общем различают следующие категории карстовых образований: *карры*, или *шратты* (по-французски *lapiaz*); *колодцы*, *шахты*, *воронки*, *чашеобразные углубления*, образующие в своей совокупности серию форм, называемых «долинами» (*dolinen*)<sup>1</sup>; *поля* (*poljen*); *пещеры*, *карстовые речные долины*, *подземные карстовые реки*.

Атмосферные воды, стекая струями по поверхности чистых известняков и растворяя их, образуют на их поверхности системы борозд, разделяемых гребешками, так называемые карры. Глубина борозд колеблется от нескольких сантиметров до нескольких метров, и этим определяется также относительная высота

<sup>1</sup> Во избежание недоразумений, к которым может повести созвучие этого слова на русском языке с термином, имеющим совершенно иное значение, мы будем карстовую долину всегда писать в кавчках: «долина»; по-русски большинство авторов предпочитает заменить этот термин словом *воронка*.

разделяющих их гребешков. Последние имеют большей частью острые формы; иногда же верх их представляется как бы срезанным и, в свою очередь, покрытым плоскими углублениями. Борозды и гребешки пробегают то прямолинейно, то имеют изогнутые очертания. Зачастую валики разделяются поперечными углублениями на отдельные шипы или зубцы.

Карры образуются то на поверхности плотных чистых известняков, и в этом случае их происхождение приходится целиком отнести за счет стекания воды по направлению наибольшего уклона; часто наибольшее растворение происходит вдоль трещин отдельности, особенно, когда в общем поверхность известняков

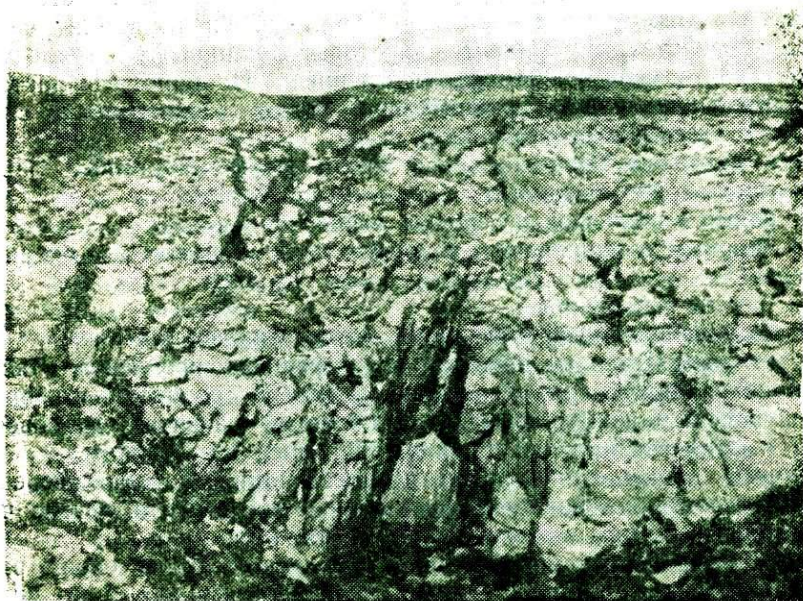


Рис. 143 Известняки, изъеденные каррами. Крым, Бабуган-яйла.  
(фото Е. А. Гаврилова)

не обладает крутым наклоном в одну сторону. Тогда карры образуют системы пересекающихся между собой борозд, разделенных не вытянутыми острыми гребешками, как в первом случае, а повышенными участками известняка прямоугольных или ромбических очертаний, благодаря чему вся местность приобретает сверху весьма прихотливый узорчатый микрорельеф (рис. 143).

Более значительные пространства известняков, покрытые каррами, называются *карровыми полями*. В наиболее типичном развитии настоящие карры и карровые поля наблюдаются преимущественно, высоко в снеговых горах, ближе к зонам, в которых сохранились отчетливые следы древнего оледенения. Это объясняется тем, что именно здесь имеются пространства, весьма недавно освободившиеся от покрытия ледниками, лишенные ра-

стительного покрова и, следовательно, представляющие для растворяющей деятельности стекающих атмосферных и снеговых вод наиболее благоприятные условия. А. Пенк обращает внимание на то, что в Альпах типичные карры совпадают как раз с площадями развития ландшафта *курчавых скал*. Но вообще карры встречаются и на более низких уровнях — в прибрежноморских районах, часто на самом уровне моря (по побережью Адриатического моря, в Югославии, в Греции), причем проявляются на известняках самого различного геологического возраста. Важен лишь в качестве неперемennого условия для развития карров достаточно чистый состав известняков; на мергелях и битуминозных известняках карры обычно не наблюдаются. Наличие растительного покрова или же достаточно мощного плаща элювиальных продуктов, покрывающих скалы, препятствует возникновению карров.

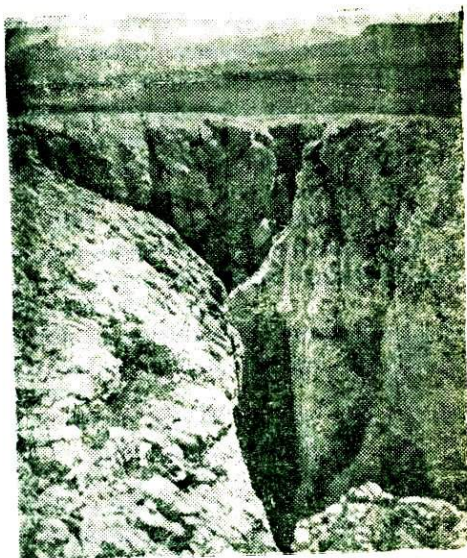


Рис. 144. Крастовая шахта, Крым, Никитская яйла (фото Е. А. Гаврилова).

Атмосферные и талые воды, проникая в трещины известняков, растворяют прежде всего их края, постепенно таким образом расширяют их и ведут к образованию углублений, «долин» (*Dolinen*), которые, в зависимости от своей формы, носят названия карстовых воронок, шахт, колодезев и т. п. (рис. 144). Те из них, которые имеют форму округлых, не особенно глубоких воронок, называются долинами (по французски *betoir*, *entonnoir*, по-английски *sink hole*). Иногда на дне воронки находится отверстие, ведущее в подземную пещеру, но чаще такого отверстия нет или же вместо него имеется просто трещина, нередко в большей или меньшей степени засыпанная щебневым материалом или глинистыми продуктами — остатками от химического разложения известняка атмосферными водами. Диаметр воронок колеблется от нескольких метров до километра; в глубину они достигают иногда 100 м, но часто бывают гораздо мельче (рис. 145).

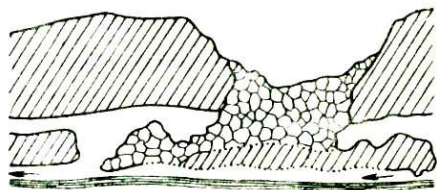


Рис. 145. Провальная «долина», Стара Апенскав Краине (по Мартелю).

Цвиич различает следующие типы «долин»:

1. *Блюдцеобразные*, к которым он относит округлые, мелкие по сравнению со своим диаметром чашеобразные углубления, у которых глубина приблизительно в десять раз меньше диаметра; крутизна их склонов держится обыкновенно в пределах 10—12°.

2. *Воронкообразные*, диаметр их примерно в два-три раза больше глубины, а крутизна склонов доходит до 30—45°.

3. *Кольцеобразные* (карстовые колодцы), стенки крутые, до отвесных; сравнительно с глубиной ширина отверстия большей частью весьма невелика. Что касается тех карстовых отрицательных форм, которые стоят в связи с подземными пещерами, то среди них Цвиич также различает несколько разновидностей. Все такие образования по-русски было бы удобно называть *провальными воронками* (рис. 146).

Крутосклонные глубокие «долины», стоящие в связи со слепо оканчивающимися, большей частью короткими пещерами, носят французское название *авенс*. Обычно они начинаются с поверхности округлой воронкой или колодцем, который книзу суживается в горловину или трещину, ведущую в слепую пещеру. Такие образования часто встречаются в каждой карстовой области. Среди углублений, стоящих в связи с подземными пещерными ходами, в которых нередко протекают подземные реки, можно выделить две разновидности:

1. Простые воронкообразные, или шахтоподобные, глубокие «долины», ведущие непосредственно в горизонтальные пещеры к подземным рекам, так что вниз может проникать дневной свет. В Крайне их называют *яма*, во Франции (в Севеннах) *abimes*, по-английски *light-hole*. Цвиич предложил сделать последнее название нарицательным для всех образований такого рода.

2. Углубления (провальные воронки), продолжающиеся вглубь в виде узкого отверстия, зачастую в виде трещины. Целая система связанных между собой трещинами или узкими каналами камер ведет в горизонтальные пещеры или к подземным рекам. Если трещины и каналы под действием эрозии и выветривания расширяются, то последнего рода провальные воронки превращаются в *light-holes*.

На дне карстовых углублений часто находятся скопления продуктов химического растворения известняков в виде краснубурой глинистой массы, в которую запутаны обломочки известняков (*terra rossa*).

Дно крутосклонных «долин»-воронки, ведущих к подземным пещерам, часто бывает забито нагромождениями остроугольных известняковых обломков, смешанных с продуктами химического разложения известняков. Они представляют материал, снесенный



Рис. 146. Карстовый колодец, Фолонг в Ардеше (по Мартелю).

водотоками вниз с крутых стенок карстового углубления, и залегают обычно в том месте, где дно воронки переходит в пещеру. В случае же провала кровли пещеры, распространяющегося до самой дневной поверхности, возникают воронки, заполненные внизу крупными каменными обломками.

На дне многих польев (описание их см. ниже) наблюдаются отверстия, из которых то выступают наверх в виде ключей подземные воды, то, наоборот, в них уходят поверхностные воды. Они носят во Французской Юре название *эставелл* (*estavella*).

Те же воронки на дне польев, через которые уходят вглубь заполняющие их дно воды, носят название *поноры* (по-сербски), или *катавотры* (по-гречески).

Наконец, упомянем, что подземные карстовые реки выступают на склонах польев в виде мощных ключей и источников, известных под французским названием *воклюз* (*sources voklusiennes*) или греческим *кафелари* (рис. 147).

От описанных основных типов в каждой карстовой области наблюдаются и многочисленные уклонения. Так, иногда «долины»

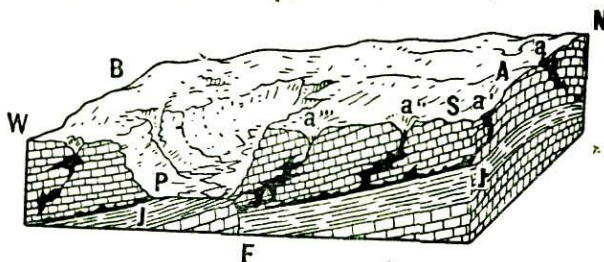


Рис. 147. Блокдиаграмма карстовой гидрографии.  
(по Де Мартону)

Слой наклонен от А к В:  $a'$ ,  $a''$ ,  $a'''$ , ... и т. д. — воронки; F — линия сброса; J — водонепроницаемый слой; P — поглогительная воронка.

приобретают в плане почковидные очертания или же звездообразную форму вследствие того, что с краев к наиболее низкому пункту воронки отходят скалистые выступы, или, наконец, имеют совершенно неправильные очертания. Иногда «долины» приобретают удлиненную, вытянутую большей частью по направлению геологических структур форму, приближаясь, при условии достаточной длины, к слепым долинам, о которых уже говорилось. Большие воронкообразные «долины» достаточной глубины иногда в периоды таяния снегов заливаются водой и превращаются во временные (слепые) озера. Примеры таких образований известны по Адриатическому побережью и в Крайне. На склонах многих воронкообразных карстовых впадин развиваются карровые образования.

Промежуточные пространства между карстовыми воронками представляется то обнаженными, скалистыми, лишенными растительного покрова, то поросшими скудной травяной и кустарниковой растительностью, то более или менее облесенными, что скрадывает монотонный мертвый характер карстового ландшафта.

Растительность легче всего укореняется на пространствах пониженных и в особенности на таких, где скалистый грунт покрыт глинистыми остатками разложения атмосферными водами известняков (рис. 148). Разумеется, к числу лучше увлажняемых и благоприятствующих развитию растительности мест относятся и днища многих карстовых «долин».

Если скалистые промежутки между двумя соседними воронками настолько сузятся, что будут разрушены атмосферными агентами, то обе воронки сольются в одну двойную «долину». В некоторых больших «долинах» иногда наблюдаются внутри та-



Рис. 148. Карстовая воронка, выполненная красноземом, Сицилия.

кие двойные воронки. В поперечном сечении наблюдаются несимметричные профили карстовых впадин в том случае, если они располагаются в сильно дислоцированных областях: именно, один склон оказывается более отлогим, а другой, соответствующий выходу голов слоя, более крутым. В менее резкой форме то же явление наблюдается иногда и в слабо дислоцированных районах. В данном случае мы имеем аналогию так называемых моноклиальных долин, которые описывались в предыдущих главах.

Из всего вышесказанного очевидно, что тектоника оказывает определенное влияние на распространение и на форму карстовых впадин.

По способу происхождения можно выделить, как это предлагает Филиппсон, *эрозионные «долины» и провальные «долины»*. К первым относятся происшедшие путем постепенного рас-

творения краев трещин и небольших впадин в поверхности известняков проникающей в них атмосферной или проточной водой; вторые возникают вследствие обрушения потолка подземных пустот (пещер).

Первого рода углубления часто располагаются вытянутыми в длину рядами или полосами, следуя направлению какой-нибудь депрессии в рельефе или выходу более легко растворимого пласта горной породы. Чем гуще бывают скучены такие впадины, тем энергичнее они стягивают к себе дождевые и проточные воды, тем быстрее они растут в длину; разделяющие их промежутки понижаются, а затем могут и вовсе исчезнуть; тогда соседние «долины», слившись в одно вытянутое понижение, образуют в совокупности замкнутую со всех сторон крутыми склонами вытянутую ложбину, имеющую характер уже описанной ранее слепой «долины», для которой отличительными признаками могут служить отсутствие общего наклона ложа в одну сторону и присутствие на дне ее ряда углублений в почве, частью замаскированных аллювиальными наносами и мелкоземистый продуктам разложения известняков. Такие же морфологические образования возникают и в том случае, когда обыкновенная эрозионная долина подвергается закарстованию. В Югославии такого рода слепые «долины» называются *увалами*.

Если описанного рода впадины в карсте достигают большого развития в длину и в глубину, то их принято называть *польями* (что соответствует нашему слову «поле»). Впрочем, в термин «полье» разные авторы вкладывают не совсем одинаковый смысл. По Цвиичу, морфологически поля характеризуются следующими признаками. Они имеют плоское широкое днище, отделенное резким изломом от окружающих его склонов, лишенное общего наклона в одну сторону, вследствие того, что отдельные части этого ложа могут иметь наклон и поверхность стока вод в разных направлениях. Дальнейший важный признак их заключается в том, что они возникают только в тектонически нарушенных толщах слоев, причем продольное их направление совпадает с простираем слоев. Дно полей обычно бывает закрыто более или менее значительными толщами аллювиальных наносов. Периодически поля затопляются подземными водами, отдавая затем свои воды опять-таки подземным пустотам через отверстия в подошве склонов и в самой поверхности дна. Следовательно, по Цвиичу, основное отличие полей от «долин» заключается в их больших размерах, в морфологическом устройстве их ложа и в общем совпадении их длины с простираем слоев, следствием чего являются их более прямолинейные очертания. Другие авторы толкуют понятие «полье» более широко относя сюда вообще все крупные слепые долины и отмечая, что хотя большинство полей и совпадает с простираем слоев, но некоторые идут вкрест или диагонально к простираению. Впрочем и Цвиич не отрицает, что между настоящими полями и «долинами» существуют постепенные переходы и что более крупные «долины» следует относить к полям.

Большинство полей имеет вытянутые или овальные очертания, причем длина приблизительно вдвое больше ширины. Некоторые занимают площадь всего в 2 кв. км или даже меньше (например, Мокроблато в Югославии, — всего 1,75 кв. км), другие, наоборот, достигают в длину нескольких десятков километров, и покрываемая ими площадь измеряется сотнями квадратных километров. Так, Ливанское поле в западной Боснии занимает площадь примерно в 600 кв. км, Имоское поле в Далмации 101,44 кв. км и т. д.

Ливанское поле имеет 60 км в длину и 10 км в ширину. Янинское поле 35 км в длину и 8 км в ширину. Гораздо реже встречаются поля округлых очертаний.

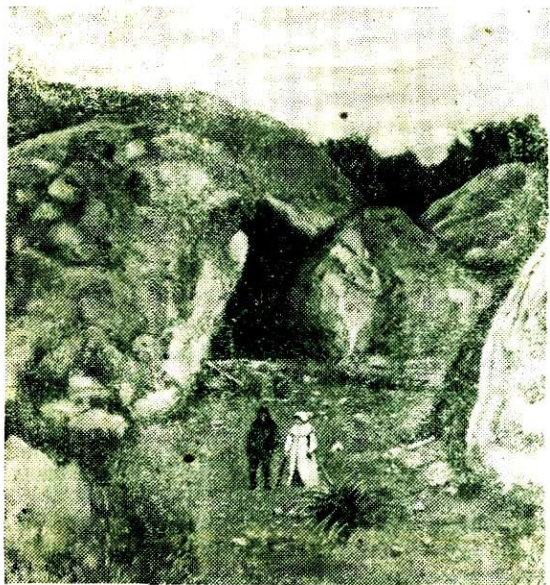


Рис. 149. Пещера в кембрийских известняках близ ул. Толчая.

Кроме аллювиальных (в собственном смысле слова) отложений, поля бывают местами выполнены и более древними (неогеновыми) рыхлыми озерными осадками, достигающими иногда значительной мощности. На этих рыхлых наносах, озерных и аллювиальных, развивается почвенный слой: местами на заболоченных пространствах образуются даже торфяники. Материал для почвенных и подпочвенных образований здесь большей частью дают продукты мелкоземистые, приносимые

потоками или смываемые со склонов атмосферными водами или боковыми ручьями. Среди них преобладают илстые отложения, бурые суглинки, нередко, впрочем, и окрашенные в красный цвет продукты выщелачивания известняков.

Присутствие таких рыхлых продуктов, в связи со сравнительно благоприятными условиями естественного орошения, обуславливает то, что ложа полей принадлежат к числу наиболее плодородных и густо заселенных местностей в карстовых областях.

Наряду с полями, периодически заливаемыми водами, существуют и сухие поля, а также такие (хотя число их и невелико), которые превратились в озера. Бассейны таких озер находятся в связи с подземными каналами, наполненными водой. В упомянутом поле в Янине имеется два таких озера. Озеро Врана

у Пара Веккиа в Далмации содержит пресную воду и занимает площадь в 34 кв. км.

Не только в областях типичного карста, но и в таких, где карстовые формы играют в общей морфологии страны лишь подчиненную роль, довольно обычны полые подземные формы, возникновение и развитие которых стоят в тесной связи с развитием других карстовых форм, — это *пещеры*, или *гроты* (рис. 149).

Их происхождение, очевидно, следует приписать химическому растворению циркулирующими по трещинам подземными водами пород (известняков, гипсов). Скорость растворения породы зависит не только от ее среднего химического состава, но также от местных вариаций ее литологических свойств, от размеров и форм трещин, по которым циркулируют подземные воды, от скорости циркуляции последних, от содержания в них газов и т. д. Таким образом, полости выщелачивания, связанные с системами трещин в известняках, местами расширяются, местами суживаются, образуя более или менее сложно-разветвленные лабиринты подземных ходов, располагающиеся на различных уровнях.

По дну пещер струятся подземные реки или иногда в них находятся озера. Но многие пещеры, особенно в странах, переживших древний карстовый цикл, совершенно сухи. Довольно часто стены, потолок и пол пещер украшены натечными известковыми образованиями, известными под названием *сталактитов* (спускающиеся с потолка) и *сталагмитов* (поднимающиеся с пола). Многие пещеры открываются высокими и широкими входами на склонах гор; в другие можно проникнуть лишь через узкие вертикальные или наклонные отверстия в почве. В последнем случае холодный зимний воздух, проникая в пещеры, настолько понижает в них температуру, что иногда лед и снег сохраняются там все лето. Впрочем, лед в пещерах может, повидимому, образовываться и под влиянием усиленного испарения с пористой поверхности горных пород.

Доисторический первобытный человек широко использовал пещеры в качестве убежищ и как жилища. Поэтому во многих пещерах находят в изобилии остатки первобытных орудий и утвари, кости человека и животных, за которыми он охотился и употреблял в пищу, а на стенах рисунки; словом, изучение пещер доставляет ценнейшие данные для истории культуры тех отдаленных доисторических времен, от которых до нас не дошло никаких письменных памятников.

Из сказанного выше видно, что большинство карстовых форм в своем развитии тесно связано друг с другом и что в целом ряде случаев мы можем проследить постепенные переходы от зачаточных первичных форм (микроформ) к более крупным.

Вместе с тем отмеченное во вступительной части настоящей работы значение принципа корреляции выступает здесь во многих случаях с особенной отчетливостью, хотя бы, например, в том влиянии, какое оказывают «долины» на развитие слепых «долин» или полей, а подземные пещеры — на образование понор и т. д.

Классическими областями развития карстового ландшафта

являются страны, расположенные по северо-восточному побережью Адриатического моря (Босния и Герцеговина, Далмация), в Греции, в Альпах, во Франции (Севенны), на Ямайке и во многих других странах. Карстовые явления развиваются на известняках почти всех геологических систем, начиная от палеозоя и кончая новейшими.

В СССР наиболее значительные области карста имеются в Крыму, на Кавказе, в Поволжье и на Урале, в Средней Азии, в некоторых областях южной Сибири (например, в Минусинском крае), а также в других районах СССР, сложенных растворимыми — карстующимися породами.

Своеобразный тип карстового ландшафта описан Бергом на побережье Аральского моря и Нацким в южных предгорьях Малого Балхана. Последний автор выделяет его как особый тип *пустынно-глинистого карста* (рис. 150) по той причине, что он об-



Рис. 150. Глинистый карст в Малом Балхане (фото А. Д. Нацкого).

условлен «деятельностью воды в пластичных и рыхлых, но при условии пустынного климата растворимых породах» (глинистых мергелях). Со стороны качественной этот карст не отличается от явлений карста в известняках, но особую печать на него налагают развитие явлений рельефа типа *badlands*, крайняя расчлененность этого рельефа и наличие особых висячих форм надземного дренажа.

Ко всему сказанному выше нелишне добавить, что в тех случаях, когда в карстовой области развиваются нормальные долины, они отличаются, как и следовало ожидать, от долин, пролегающих в толщах водонепроницаемых пород, весьма крутыми склонами.

### Эволюция карстового ландшафта (карстовый цикл).

Прослеживая ход формирования карстового ландшафта, можно установить в нем определенную закономерность и послед-

довательность, существенные черты которых были установлены, главным образом, работами Цвиича, Грунда, отчасти Девиса, Крубера и др.

Главными условиями, предопределяющими наличие благоприятных предпосылок для развития карстового ландшафта, являются не столько климатические факторы, сколько геологический состав и строение местности, а также общие особенности ее дренажа, зависящие от устройства ее поверхности. Особенности эти должны быть таковы, чтобы обусловить возможность существования связанной системы подземных трещин, заполненных водой, циркулирующей по этим трещинам, что возможно лишь в том случае, когда эти воды имеют сток за пределы закарстованной области.

Филиппсон следующим образом формулирует условия, благоприятствующие закарстованию:

1) Наличие мощных, пользующихся обширным распространением известняков.

2) Отсутствие в известняке заметных примесей глинистого материала, который мог бы накапливаться в результате растворения известняков и закупоривать трещины, делая таким образом породу водонепроницаемой.

3) Известняки должны быть массивными и грубопластовыми, тонкослоистые известняки для закарстования мало благоприятны. Условия залегания слоев значения не имеют.

4) Поверхность страны должна быть ровной, слабо наклонной или слабо волнистой; при крутом рельефе большая часть атмосферных вод стекает по поверхности и не может проникать в породы. Вот почему в крутых горах закарстование может развиваться лишь местами — на более ровных участках рельефа (на террасах, в долинах и пр.).

5) Область должна занимать достаточно высокое положение над окружающими пространствами, так чтобы подземные воды не застаивались, а имели необходимый для стока уклон.

Сущность идеи карстового цикла в том виде, как она рисуется многим из геоморфологов, можно себе представить схематически в следующем виде.

Всякая страна, перед тем как подвергнуться процессу закарстования, должна была обладать слабо волнистым или плоским рельефом.

Если прежде она представляла горную страну с тектонически сложной структурой, то, очевидно, она должна была предварительно пережить процесс длительной денудации для того, чтобы ее поверхность приобрела такой вид. В конечных стадиях этой фазы она представляла следовательно, сильно сниженную страну.

Ясно, что, перед тем как карст мог начать развиваться в полной мере, ей необходимо было испытать поднятие над окружающими пространствами. Таким образом, эти два важных момента — предварительный цикл континентальной денудации и эпейрогеническое поднятие — составляют необходимые предпосылки для развития карста.

Испытавшая эпейрогеническое поднятие страна рассекается прежде всего системой поверхностных эрозионных долин, между которыми поднимаются остатки древней поверхности денудации.

Как только в связи с процессами расчленения уровень грунтовых вод опустится достаточно глубоко (необходимая предпосылка для развития карста), начинаются процессы закарстования, захватывающие сначала долины, а затем и повышенные пространства между ними.

По мере роста и распространения в ширину отдельных карстовых форм и комплексов таковых, страна все больше и больше расчленяется углублениями различных форм и размеров, между которыми сохраняются отдельные остаточные формы — останцовые горы (*мозоры, хумы*). Так как в разных местах процессы закарстования идут с неодинаковой скоростью, в зависимости от различий в рельефе, литологическом составе известняков, условий их залегания и т. д., то при закарстовании мы не наблюдаем того неуклонного стремления к общему сnivelированию страны под один уровень, какое характерно для эрозионного цикла, хотя отдельные участки и могут при этом превращаться в более или менее выровненные пространства. Тем не менее, в общем процесс снижения страны все же происходит, а вместе с тем ее поверхность приближается к уровню циркуляции (карстовых) подземных вод. Это последнее обстоятельство приводит к постепенному замиранию карстового процесса, а затем и к полной его остановке, если только не произойдет нового понижения уровня циркуляции подземных вод вследствие нового поднятия страны. Тогда вновь повторяется та же последовательность событий, какая имела место и в первом случае, и страна начинает переживать второй цикл карстования. Повторное снижение будет продолжаться до тех пор, пока дренирующие страну реки не снизятся до общего базиса эрозии или пока общий уровень карстовых (подземных) вод не достигнет поверхности подстилающих известняки водоупорных пород; в последнем случае толщи известняков мало-помалу будут снесены до этого уровня, над которым могут сохраниться лишь в виде останцов отдельные известняковые горы. Таким образом, по Цвиичу, для карстового цикла, в противоположность нормально-эрозионному, характерно в течение всего процесса закарстования постепенное неравномерное снижение поверхности.

Отдельные моменты и звенья карстового цикла различными авторами толкуются различно. По мнению некоторых, процесс карстования может замереть и до того, как будет достигнут уровень циркуляции карстовых вод, и именно в том случае, если при разложении известняков получается много глинистого материала, забивающего трещины и делающего их, следовательно, водонепроницаемыми.

Как бы то ни было, все же в конце концов последовательное расчленение карстовыми процессами приводит так или иначе к общему снижению и сnivelированию страны, затронутой ими.

Грунд находит возможным и здесь так же, как в эрозионном процессе, различать стадии юности, зрелости, дряхлости. Юность характеризуется преобладанием положительных форм над отрицательными, представленными различной величины и очертаний карстовыми воронками, «долинами» и т. п. В зрелой стадии впадины, постепенно увеличиваясь в размерах, начинают сближаться и соприкасаться между собой, а разделяющие их участки суживаются и приобретают заостренные, гребневидные очертания. Наконец, и эти последние распадаются, расчленяясь на отдельные остроочерченные останцы, известные на Ямайке под названием *cockpits*, между тем как остальная страна приобретает выровненные очертания поверхности.

Разница между воззрениями Цвиича, следующего в этом отношении за Пенком и Рихтером, и Грунда заключается главным образом в том, что первый допускает возможное существование даже в старом карсте, при соответственном тектоническом строении, возвышенностей с крутыми склонами в виде отдельных массивов и горных групп, между тем как Грунд считает, что и эти последние рано или поздно будут уничтожены химическим действием вод, после чего наступит полное сивелирование, которое будет характеризовать настоящую старческую стадию. Тот цикл карста, какой мыслился Цвиичу, Грунд считает результатом чисто отвлеченной дедукции и соответствующим только идеальному карсту, развивающемуся в стране, совершенно лишенной водонепроницаемых пород, между тем в действительности в природе такие условия почти никогда не осуществляются полностью.

Теорию двуциклового развития сухих пещер, особенно со сталактитами и сталагмитами, развил и обосновал в большой работе Девис. Самое возникновение пещер, представляющих не что иное, как расширенные системы трещин, подвергшихся выщелачиванию подземными водами, приходится относить к тому времени, когда трещины были заполнены подземными (карстовыми) водами до своего верхнего уровня. Очевидно, что в то время — в течение первого цикла — никаких натечных образований, требующих наличия пересыщенных углекислыми солями кальция растворов, возникать в пещерах не могло. Лишь после того, как уровень карстовых вод понизился и пещеры осушились, в них могли начать образовываться сталактиты и сталагмиты (второй цикл). Таким образом, наличие сталактитовых пещер в той или иной области можно считать безошибочным признаком того, что страна пережила в предшествующее современному моменту время поднятие, или же что вследствие развития эрозионных процессов уровень карстовых вод понизился.

### **Дополнительные замечания о развитии карстового рельефа и пещер.**

Надо заметить, что за последние годы взгляды ученых на развитие карстовых форм начинают значительно меняться, особенно в сравнении с теми тезисами, какие были сформулированы Грундом и Цвиичем. Эти новые

течения научной мысли сведены были в одно целое не так давно Гельмугом Крамером<sup>1</sup>. О теории развития пещер В. М. Девиса<sup>2</sup> мы только что уже говорили вкратце. Остановимся теперь на ней несколько подробнее. Девис, как мы говорили, рассматривает образование пещер в залегающих горизонтально известняках, которые отличаются сравнительной чистотой своего химического состава и в которых карстовая гидрография характеризуется наличием водных масс, находящихся частично в движении в системах крупных трещин и плоскостей наложения. Растворяющее действие воды на известняки ведет к образованию в них, путем расширения этих трещин и расщелин, заполненных водой полостей. Если коренные породы представлены молодыми, кавернозными (например, рифовыми) известняками и если процесс совершается в подвергшихся недавнему поднятию областях, например, на недавно поднятых морских берегах, то весь процесс образования пещер совершается в один прием (так называемый *одноцикловый карст*). Прогрессивное расширение полостей может закончиться и заканчивается часто провалом их крыш и образованием таким образом заполненных водой провалных воронок или шахт. Но такого рода образования не так распространены. В других гораздо более частых случаях дело происходит сложнее.

В первых стадиях трещиноватые известняки заполнены до определенного уровня сплошной толщей воды, которая состоит из сети неправильных каналов, переплетающихся между собою. Уже в этой стадии под уровнем зеркала грунтовых вод происходит движение воды по некоторым отдельным каналам. Это сосредоточивающееся на отдельных струях движение подземных вод под давлением играет уже в первых стадиях развития карста немалую роль в возникновении пещерных полостей. Чем глубже залегает струя, тем медленнее в ней течение; оно несколько возрастает только в главных артериях. При понижении базиса эрозии, вследствие углубления долины или подъема закарстованной области, трещины, несколько расширенные в процессе химического растворения, оказываются на уровне дна долины или выше его. Тогда грунтовые воды, заключенные в карстовой области, разделяются на два яруса: выше уровня сплошного заполнения толщ горных пород водами и ниже этого последнего. В нижних горизонтах первого яруса вадозных вод сток концентрируется по определенным системам трещин, вдоль которых и развиваются ряды галлерей с боковыми разветвлениями. Прямая эрозия в расширении каналов, по мнению Девиса, существенной роли не играет; тем не менее концентрация течения вдоль таких линий ведет к быстрому расширению каналов и к тому, что по мере увеличения их вместимости зеркало грунтовых вод снижается до их уровня. Таким образом совершается понижение базиса эрозии и образование вместо многих местных, выше расположенных зеркал подземных вод один общий уровень, захватывающий большие пространства. Вместе с тем развитие пещер вступает во вторую стадию.

По мере расширения (а следовательно и увеличения вместимости) грубинных артерий стока, поверхностные водотоки начинают просачиваться в «долины», слепые долины, в трещины на дне пойм и пр. Они используют пещеры растворения на уровне зеркала грунтовых вод и выше последнего для стока; таким образом возникает дренажная сеть, залегающая в карстовой области выше сплошного водоносного горизонта; она стекает к краю карстовой области. Пещеры этого яруса уже не заполнены сплошь водой, а только прорезываются открытыми пещерными реками. Это стадия «зрелости» карста. Характерно для этой стадии, что подземные потоки, наряду с химической, начинают производить также и механическую эрозионную работу. Но в отличие от эрозионной работы поверхностных рек, в которой существенное участие принимают процессы выветривания, здесь эрозионная работа носит только характер механического сплывания при помощи содержащихся в воде обломков твердых пород. Поэтому Девис предложил для такого рода под-

<sup>1</sup> Helmuth Cramer. Höhlenbildung und Karsthydrographie Zeitschr. f. Geomorphologie, 1935, B. VII, H. 6, pp. 306—323.

<sup>2</sup> W. M. Davis. The Origin of limestone caverns. Bul. Geol. Soc. of America, 41, p.p. 475—628, 1930.

земной эрозии применять термин «корразия», который впрочем применяется в ином смысле, так что в данном случае лучше избегать этого слова.

Иногда в подземных реках, как и в наземных, наблюдается тенденция к меандрированию. Иногда они выдалбливают в ложе глубокие вертикальные колодцы, а в других местах заносят рыхлым материалом углубления в почве. Механическая работа, однако, и в этих реках выражается не только в выдалбливании и заносе рыхлым материалом дна, но и в боковой эрозии, благодаря которой происходит постепенное расширение основных подземных пещерных ходов. Постепенное подтачивание боковых стенок пещер эрозией ведет к тому, что местами нависшие массы начинают обрушиваться, и это в свою очередь имеет своим следствием выработку своеобразных поперечных профилей пещер. По мере понижения базиса эрозии и вместе с ним уровня грунтовых карстовых вод пещеры осушаются, заполняющий их щебневый материал перестает переноситься водой, а в силу этого прекращается и дальнейшее расширение пещер. Карст вступает в третью стадию, заполнения подземных полостей не водой, а воздухом. Начинается заполнение пещер натечными образованиями (*сталактитами* и *сталагмитами*), наличие которых свидетельствует о том, что воздух в пещерах уже настолько сух, что известковистые растворы, просачивающиеся сверху в пещеры, могут испаряться и выделять углекислоту.

Таков ход постепенного развития карстового процесса в его наиболее правильной и простой форме, когда он разыгрывается в толще горизонтально часлоенных трещиноватых чистых известняков. В такой толще можно наблюдать одновременно несколько этажей располагающихся друг над другом пещер — причем в нижних этажах имеем подготовительные стадии развития пещер, в средних «зрелые» формы их, а в верхних совершаются уже процессы разрушения развившихся в предыдущие стадии пещер (провалы потолков, возникновение воронок, шахт и пр.).

Такова теория *многоциклового* развития карста, разработанная В. М. Девисом преимущественно на основании изучения многочисленных более или менее детальных исследований и описаний американских пещер. Не мешало еще раз оговорить, что выражение «цикл» здесь, как и во многих других случаях, носит чисто условный смысл, т. е. просто обозначает известный этап в развитии данных форм, а не замкнутый неизменно повторяющийся круг событий, возвращающихся по своему завершении к исходному положению, как следовало бы в строгом смысле слова трактовать понятие «цикл».

Разработанная на основании изучения пещер преимущественно в толщах горизонтально залегающих известняков, эта теория, однако, применима, повидимому, и к тем районам, где карстовый процесс развивается в претерпевших различные дислокации известняках. И здесь можно наблюдать несколько этажей пещер (галерей), несущих на себе отпечаток типичных черт развития, в каждый данный момент, соответствующий тому или иному стоянию уровня грунтовых вод в связи с положением базиса эрозии.

Отличие современных взглядов на образование пещер от ранее существовавших заключается в следующем. Раньше исследователи карста полагали, что образование пещер совершается выше зеркала грунтовых вод, заполняющих системы трещин и расселин в известняках, и что ниже этого уровня вообще закарстования не происходит, причем мыслилось, что воды в этих нижних горизонтах или неподвижны или, если стекают, то в плоскости верхней границы этого водного горизонта или выше его (Грунд. Цвиич и др.).

В настоящее же время многие исследователи вместе с Девисом допускают, что уже ниже упомянутого зеркала карстовых вод совершается движение воды и что в связи с этим первые стадии закарстования начинаются уже здесь. Кроме того, как указывалось, в образовании подземных полостей, по мнению ряда современных исследователей, существенную роль играют не только процессы химического растворения пород, но и механической эрозии. Надо, впрочем, заметить, что удельный вес последнего процесса в развитии пещер еще вызывает некоторые споры. Таким образом в настоящее время перед исследователями карстовых областей выдвигается ряд новых весьма важных с теоретической и с практической точки зрения проблем, требующих детальных исследований.

Напомним, что в СССР карстовые образования пользуются обширным распространением (Крым, Урал, Кавказ, Сибирь, Средняя Азия и пр.), причем эти образования весьма разнообразны и по своей морфологии и по геологическим и физико-географическим условиям своего проявления. Подавляющее большинство наших карстовых областей изучено весьма недостаточно. А между тем для некоторых районов (например, для Кизеловского района Урала, для некоторых соленосных районов юга СССР и пр.) такие детальные изыскания крайне важны. Будем надеяться, что в ближайшие годы изучению карста наши научно-исследовательские институты будут уделять больше внимания, чем уделяли до сих пор.

---

## ФОРМЫ МОРСКИХ БЕРЕГОВ.

## Общие сведения

Особые формы получает земная поверхность в тех местах, где суша соприкасается с обширными пространствами стоячих вод. Мы называем такие места *берегами*. Конфигурация расчленения последних обуславливается механическим воздействием волн на горные породы, слагающие берега, и особыми условиями переноса и накопления обломочного материала в таких местах. Здесь мы займемся рассмотрением морских берегов, напомним, что очертания берегов крупных внутриконтинентальных бассейнов ничем существенным от последних не отличаются.

Береговая зона моря включает в себя, с одной стороны, часть суши, имеющую скат к морю и на конфигурацию которой прямое влияние оказывает работа морских волн, с другой стороны — прибрежную часть дна, точно так же формирующуюся под влиянием механической и транспортной работы волн. В разных местах, в зависимости от устройства поверхности как надводной, так и подводной частей, береговая зона может достигать различной ширины — от нескольких десятков метров до многих километров. При прочих равных условиях на очень крутых гористых берегах береговая зона бывает уже, чем на низменных, плоских.

Факторы, определяющие собой формы берегов, подразделяются на *активные* и *пассивные*.

К *активным* относятся: 1) работа механическая и отчасти химическая морского прибоя; 2) приливоотливное действие водной оболочки; 3) береговые течения; 4) вековые (эпейрогенические) движения литосферы; 5) эвстатические колебания океанической оболочки; 6) тектонические движения земной коры (с складкообразованием, флексурой, сбросом); 7) процессы, связанные с жизнедеятельностью организмов (коралловые сооружения).

К *пассивным* принадлежат: 1) литологический состав омываемой морем полосы суши; 2) ее геологическая структура; 3) ее вертикальное расчленение; 4) гипсометрическое положение.

Условимся называть полосу суши, примыкающую к морскому берегу, *побережьем*, узкую полосу, непосредственно омываемую водой и покрываемую волнами во время штормов или же при-

ливо-отливами, — собственно *берегом*, и, наконец, ближайшую к берегу часть моря — *взморьем*.

По формам вертикального развития различают прежде всего берега: 1) *Низменные* — плоские, незначительно поднятые над уровнем моря. 2) *Возвышенные*.

Последние могут в свою очередь чрезвычайно вырывать, давая все переходы от высоких горных массивов, круто спускающихся в морские пучины, до плоско-возвышенных, обрывающихся к прибрежной полосе более или менее высоким уступом. Последнего рода берега нередко слагаются не выходами скалистых горных пород, а рыхлыми толщами (например, берега северной Германии).

Низменные берега отличаются тем, что их поверхность **весьма** постепенно поднимается от моря внутрь страны и столь же не-

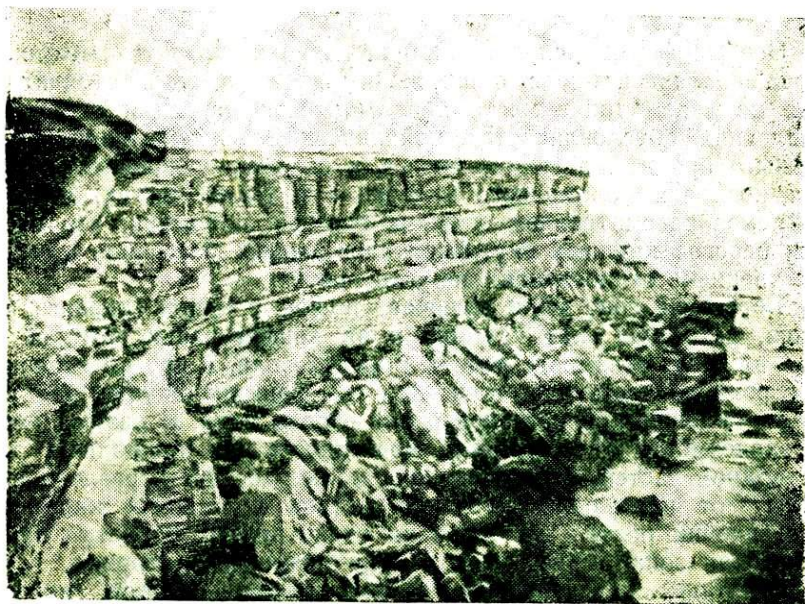


Рис. 151. Крутой морской берег, Мангышлак (фото Н. И. Андрусова).

заметно в подавляющем большинстве случаев спускается под уровень воды. По этой причине все морфологические образования на таких берегах, обязанные своим происхождением работе волн (береговые валы, лагуны и т. д.), в общем тянутся параллельно береговой линии. Наоборот, неровности рельефа, возникающие в результате работы действующих на суше агентов (например, проточных вод), идут перпендикулярно к последним. Исключение составляют только дюны, всегда протягивающиеся параллельно береговой линии. Береговые валы, сложенные рыхлым материалом, прибрежные дюны, мелкие лагуны, марши, отделяемые от моря дюнами или береговыми валами, наблюдаются на плоских

берегах весьма часто (примерами таких берегов могут служить северный берег Финского залива, северное побережье Каспийского моря, западный берег Аральского моря и др.).

Возвышенные берега (рис. 151), как отмечалось, могут быть весьма разнообразны по своему устройству. То крутой и скалистый обрыв непосредственно падает в морскую пучину, то береговой уступ различной высоты и конфигурации отделяется от воды более или менее широкий намывной полосой, так называемым *шtrandом*, или *пляжем*. В зависимости от ширины последнего и его отношения к поднимающемуся над шtrandом обрыву, равно как в зависимости от глубины прибрежной части моря, получаются типы берегов, характеризующиеся различными профилями.

А. Пенк предлагает в этом отношении различать берега: *консеквентные* и *инсеквентные*.

У первых поверхность подводной части берега представляет прямое продолжение поверхности надводной береговой части суши. У вторых крутой надводный склон берега комбинируется с пологим подводным скатом или, наоборот, пологий надводный —

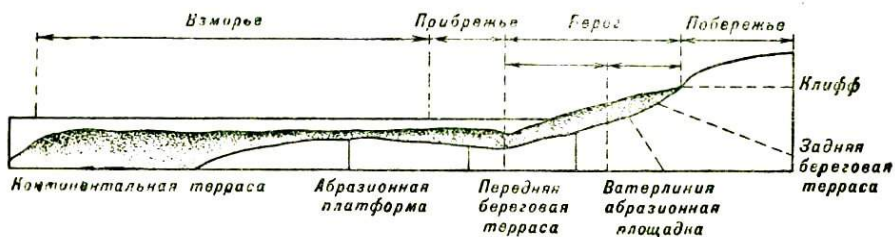


Рис. 152. Зоны морского побережья.

с крутым подводным. Во всяком случае у самого уреза воды даже в первом типе берегов наблюдаются известный излом профиля, обусловленный у возвышенных берегов площадкой шtrandа, у плоских, низменных — наличием берегового вала.

При этом А. Пенк обращает внимание еще на то, что у инсеквентных берегов линия шtrandа вместе с поднимающейся над ней линией берегового обрыва может образовать вырез (входящий угол) в линии профиля, соединяющей подводную и надводную части берега, или, наоборот, выступ на ней. Первый тип берегов А. Пенк предлагает называть *врезанными*, *крутыми берегами*, второй — *прислоненными плоскими берегами*. На возвышенных, вполне сформированных морских берегах можно различать следующие морфологические элементы:

1. *Побережная зона* (побережье) — часть суши, непосредственно примыкающая к описываемому дальше обрыву (рис. 152).

2. *Уступ*, или обрыв, — которым эта зона опускается к шtrandу. Она носит специальное название *клифф* (*cliff*). Клифф возникает в результате разрушения слагающих возвышенный берег пород морскими волнами; он слагается, в зависимости от геологического строения берега, то твердыми коренными породами, то

рыхлыми толщами (аллювиальными, ледниковыми и т. п.). Высота его и степень крутизны могут сильно варьировать.

В подошве обрыва часто наблюдается более или менее глубокая выемка, идущая в виде горизонтального жолоба параллельно берегу. Она образуется вследствие разрушения нижней части обрыва вершушками волн во время сильного прибоя. Нависшая над этим жолобом часть клиффа, обрушиваясь вниз, ведет к постепенному отступанию обрыва в глубь страны и, следо-

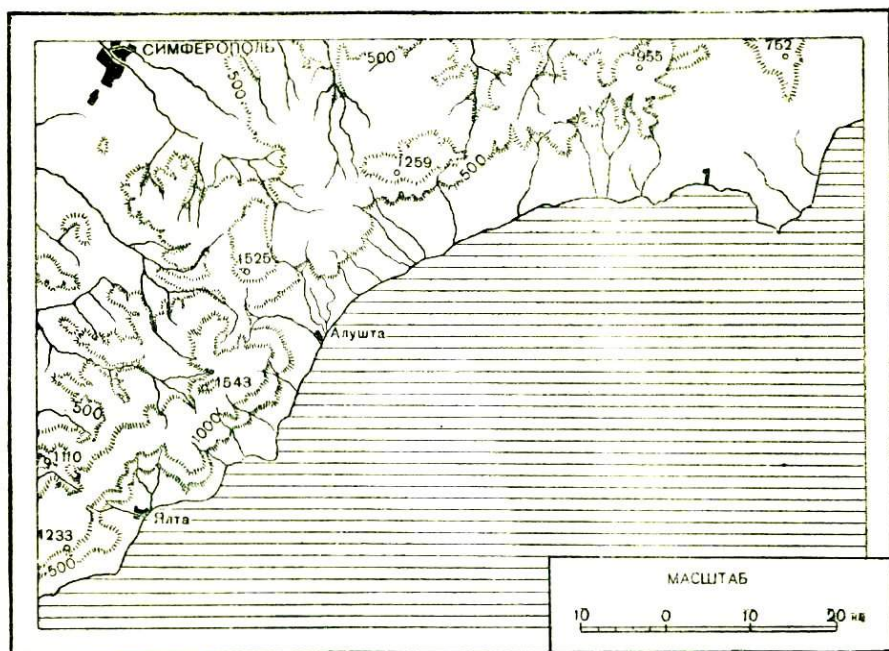


Рис. 153. Южный берег Крыма. Тип гладкого, частью слабо зазубренного берега

вательно, к постепенному расширению шtrandа. Различают клиффы, до которых еще и теперь во время шторма докатываются волны, и клиффы, подошвы которых уже не достигают волн даже во время самых сильных бурь.

3. От подошвы обрыва к морю тянется наклонная полоса, усеянная обломками горных пород, упавших с клиффа и окатанных волнами, а также вообще продуктами накопления моря. Это и есть *шtrand*. Ближайшая к морю часть его, заливаемая во время штормов волнами и лишенная поэтому растительности, называется *пляжем* (на русском языке для ее обозначения не существует подходящего термина).

4. Дальше следует подводная часть берега. Ближе к соприкосновению воды с суши на ней в волной силе проявляется механическое воздействие прибоя, выравнивающего дно и создающего так называемую *абразионную подводную площадку*, или *террасу*.

5. Рыхлый материал (галка, песок и т. п.), относимый водой на некоторое расстояние вглубь моря, может здесь на дне строить *подводную террасу накопления*, примыкающую непосредственно к абразионной площадке. Ее поверхность составляет прямое продолжение абразионной площадки; к морю она спускается более крутым скатом.

6. Часть водного пространства над абразионной площадкой и подводной террасой накопления можно бы называть *прибрежьем*.

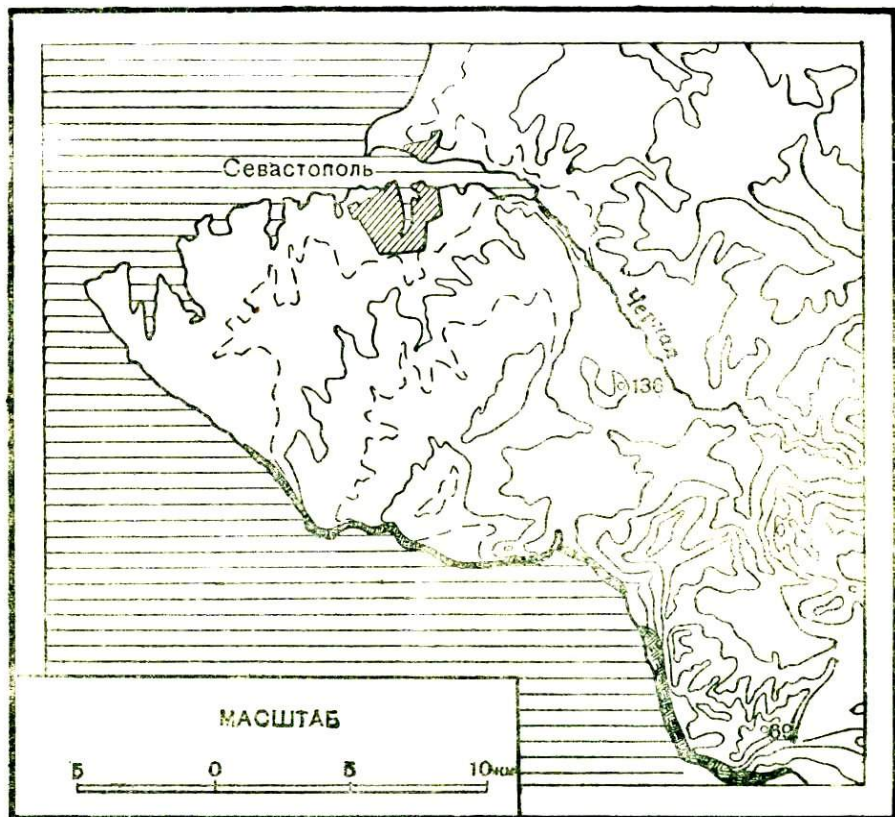


Рис. 154. Берег Крыма. Тип бухтового берега у Севастополя.

Примерами различных типов возвышенных берегов могут служить: Южный берег Крыма, Мурманское побережье, восточный берег Черного моря, Южный берег Байкала, берега Охотского моря, Татарского пролива, Японского моря и т. д.

Не только вертикальное оформление обуславливает морфологию берегов, но и степень горизонтального расчленения суши на ее соприкосновении с водной оболочкой. Степень этого расчленения обуславливает вид береговой линии в плане и в значительной мере зависит от того, какого рода относительные смещения (вертикальные) суши и моря сопровождают развитие берега. При

этом безразлично, какие причины вызывают относительное изменение положения суши и моря — эвстатические колебания океанической оболочки или эпейрогенические подъемы и опускания литосферы. Конечный результат в обоих случаях будет один и тот же.

Дно морское в своих прибрежных зонах отличается сравнительно простой, мало расчлененной поверхностью. Рельеф суши, в особенности в близких к берегу зонах, наоборот, характеризуется обычно гораздо большей сложностью, более частым чередованием положительных и отрицательных форм. Поэтому при подъемах суши или опусканиях моря поднявшееся на поверхность морское дно будет очерчено более простой, мало расчлененной береговой линией. Наоборот, при опускании суши, при повышении уровня океана, вода будет заполнять все существующие на суше неровности, и береговая линия приобретет

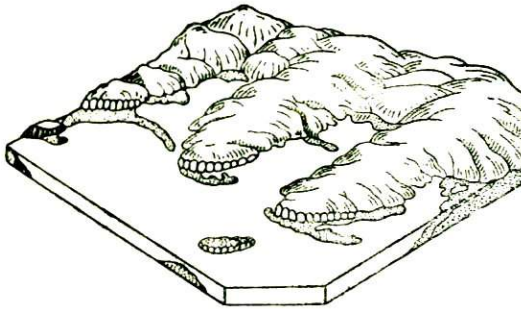


Рис. 155. Развитие баров, кос, пляжей на недавно опустившемся морском побережье (по Джонсону).

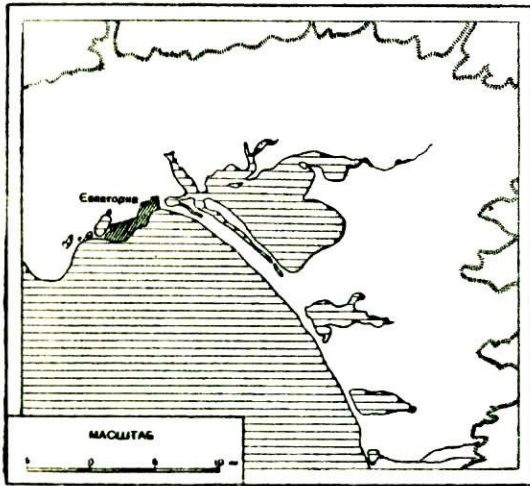


Рис. 156. Превращение бухт в лагуны и реликтовые озера; побережье Крыма у Евпатории.

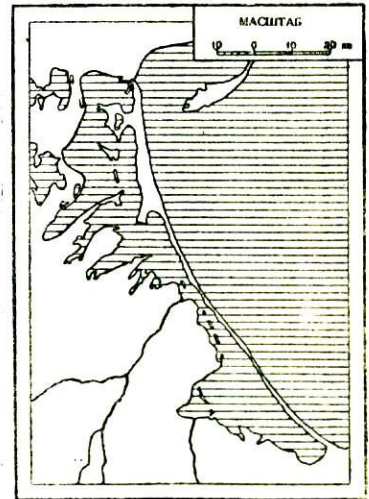


Рис. 157. Выравнивание бухтового берега косами Сиваш и Арбатской стрелки. Восточный берег Крыма.

гораздо большую сложность. Если береговая линия долго сохраняет устойчивое положение, она приобретает некоторые промежуточные очертания, о которых мы скажем ниже.

Из указанного правила возможны исключения. Так, при опу-

скании под уровень моря низкой плоской страны берег сохранит свои простые очертания. Простые очертания береговая линия получит и в том случае, когда прилегающая к морю часть суши опустится по сбросовой линии, и море вплотную подступит к сбросовому обрыву.

Если высокий, сильно изрезанный, окаймленный многочисленными островами берег несколько приподнимается, он все же сохранит в той или иной мере сложность своих очертаний.

Несмотря на отмеченные отклонения, в подавляющем большинстве случаев уже самый вид береговой линии может дать весьма существенный материал для суждения о характере смещения береговой линии.

С точки зрения чисто морфологической (эмпирической) можно выделить следующие категории берегов, отличающиеся друг от друга тем или иным развитием береговой линии:

1. *Ровные (гладкие)* берега — характеризующиеся весьма простыми береговыми линиями; последние изгибаются в виде дуг.

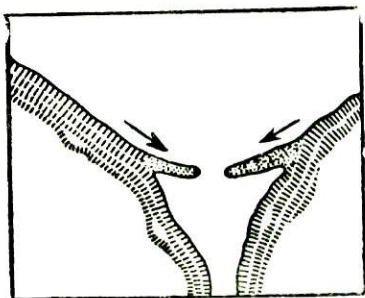


Рис. 158. Схема постепенного перегораживания бухты растущими друг другу навстречу косами.

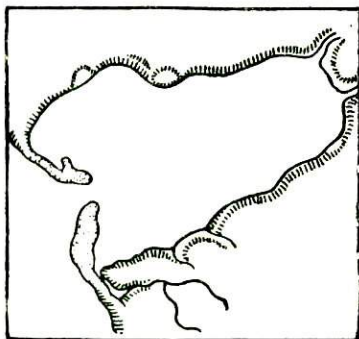


Рис. 159. Постепенное отчленение бухты растущими друг другу навстречу косами.

обращенных выпуклостями к суше, а между этими дугами в море выдаются участки суши в виде мысов.

Ровные берега могут быть *низменными* и *возвышенными*. В низменных ровных берегах очертания достигают наибольшей простоты. Возвышенные ровные берега, наоборот, отличаются гораздо более сложными формами. Обычно они зазубрены по той причине, что морской прибой, действуя на скалы, быстрее разрушает те из них, которые сложены менее прочными породами. Поэтому такие берега бывают богаты неглубоко вдающимися в берег заливчиками, хотя и не нарушающими в общем картины ровного очертания берега, но придающими ему зубчатый вид. На скалах клифф, ближе к морю, обычно более или менее отчетливо развит клифф, перед которым расстилается пляж различной ширины, уходящий под уровень моря сначала отлого, а затем круто. Подобные формы имеют южные берега Крыма, Кавказское побережье Черного моря, Кавказское побережье Каспия (рис. 153).

Нередко ровные очертания крутых берегов объясняются тем, что они образованы сбросами (например, южный берег Крыма во многих местах, берега Калифорнии и др.).

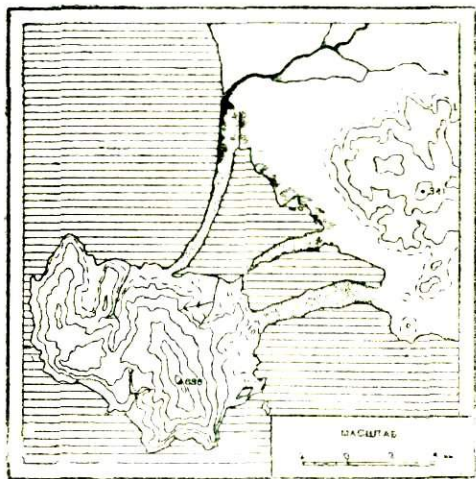
2. *Изрезанные берега* — отличаются частым чередованием частей моря, более или менее вдающихся в сушу, и обратно, участков суши, выдвигающихся в море.

В зависимости от характера чередования тех и других различают берега: *бухтовые* и *лопастные*.

Бухтовые характеризуются тем, что море вдается в сушу множеством более или менее глубоких, то сравнительно просто очерченных то разветвленных участков, к которым собственно и



Фиг. 159. Простая коса (внизу) и сложная, крючком завитая, коса (вверху), при входе в порт Моллер, Аляска (по Джонсону).



Фиг. 161. Причленение острова к суше намывными песками (tombolo), Монте Аржеитарио, Италия.

применяется название *бухта*. Друг от друга они отделяются полуостровами, очертания которых тесно связаны с очертаниями прилегающих к ним бухт. Сообщаясь с открытым морем лишь сравнительно узкими проходами, бухты укрыты от прямого действия ветров, и потому на развитие их берегов прибой не оказывает такого прямого и сильного влияния, как в открытом море. Бухтовые берега получаются обычно в результате наступания моря на сушу, обладающую более или менее расчлененным рельефом (рис. 154).

Если глубоко вдающиеся в сушу участки моря сообщаются с последними широкими открытыми выходами и по своей ширине не уступают или, быть может, даже превосходят разделяющие их полуострова, получается тип берегов лопастных. Вдающиеся в сушу участки воды принято называть *заливами* (golf). Классическим примером могут служить южные берега Греции и Македонии. Разумеется, берега полуостровов, разделяющих отдельные

заливы, могут быть, в свою очередь, изрезаны бухтами или быть забуренными, или же более или менее ровными.

Лопастные берега, следовательно, относятся к совершенно особой разновидности берегов, по своим очертаниям представляющих нечто промежуточное между бухтовыми и гладкими, соединяющими в себе признаки крутых и низменных берегов. Двигаясь вдоль таких берегов, мы будем иметь местами участки плоские с насаженными на них береговыми валами и дюнами, сплошь и рядом отделяющими от моря располагающиеся за ними лагуны, а местами берега обрывистые, с ясно выраженным клиффом; подобные берега представляют образования вторичные, возникшие за счет бухтовых берегов (рис. 155).

Плоские части побережья представляют не что иное, как *косы* и *пересыпи*, перегородившие вход в существовавшие раньше бухты, превратившиеся теперь в лагуны или озера (рис. 156, 157). Участки же более возвышенные с клиффом соответствуют частям полуостровов или мысов, срезаемых деятельностью морского прилива (рис. 158, 159).

Если впереди мысов имелись острова, то они часто оказываются причлененными к материке полосами намывного материала. Иногда таких полос бывает одна (рис. 161), иногда две; в последнем случае между ними оказывается замкнутое реликтовое озеро.

Намывные перемычки (*плотины*), при посредстве которых острова такого рода причленяются к суше, называются иногда в геоморфологии по-итальянски *томболо* (*tombolo*).

Классическим примером образований подобного рода может служить полуостров Монте Аржентарио у западных берегов Италии (рис. 162).

Джонсон предлагает называть только что описанный тип берегов *сложным* (рис. 163, 164, 165).

Восточное побережье (Атлантическое) США, южные бухты Чезапик и Делавера, равно как берега Бразилии к югу и северу от Рио-де-Жанейро, дают нам классические образцы выровненных (*сложных*) берегов, тянующихся на громадных расстояниях. У нас мы имеем примеры таких берегов по восточному побережью Крыма и др.

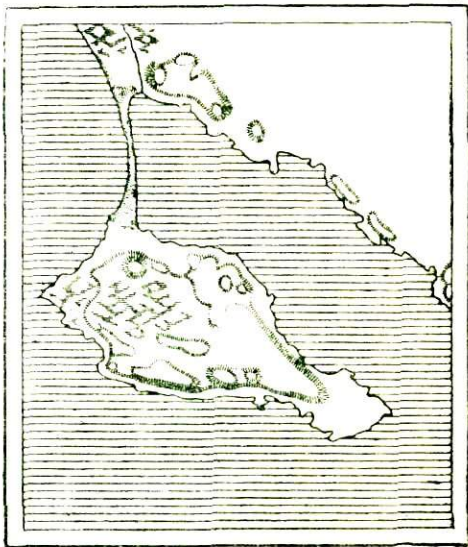


Рис. 162. Причленение прежнего острова Марблхэд при помощи намывной перемычки (*tombolo*) к суше (по Джонсоу).

На северном побережье Черного моря мы имеем особую разновидность данного типа берегов, который можно называть *лиманным* (рис. 166).

*Лиманами* называются бухтообразно расширенные устья рек, впадающих в море, отделяющиеся от последнего намывными перемычками — пересыпями (Днестровский, Куальницкий лиманы и др.).

Выровненные берега могут развиваться в типичном виде большей частью лишь в том случае, если относительное положение суши и моря или остается долгое время неизменным, если береговая линия стабильна, или при очень медленном опускании суши.

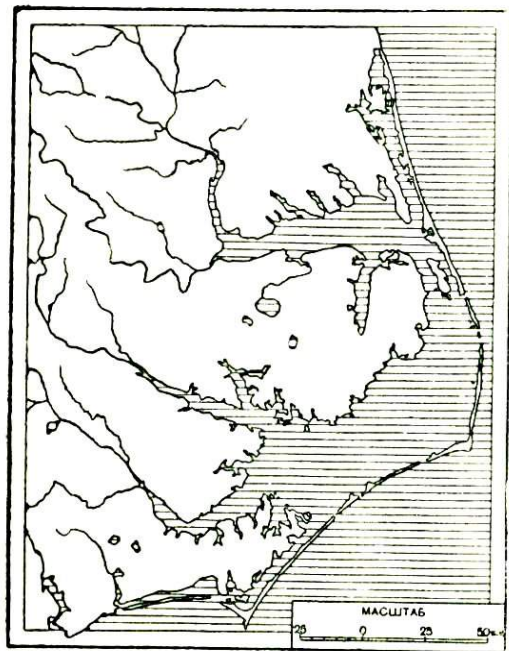


Рис. 163. Тип сложной береговой линии, по побережью северной Каролины (по Джонсону).

ки зрения вместе с Джонсоном можно все берега подразделить на следующие категории: 1) *Опускающиеся (затопленные)* — бухтовые. 2) *Поднимающиеся (осушившиеся)*. 3) *Нейтральные*, — очертания которых не зависят от затопления суши морем или, наоборот, от подъема суши. Сюда относятся дельтовые берега, построенные наносами рек, стекающих с суши, вулканические и рифовые (коралловые) берега, также берега, расположенные вдоль сбросовых линий. 4) *Сложные* — соединяющие в себе признаки хотя бы двух из перечисленных выше категорий. Сюда относятся стабильные или весьма медленно опускающиеся берега, а также некоторые категории сбросовых берегов, именно частный случай, когда сбросом образуется часть сильно и глубоко расчлененной суши, понижения которой остаются залитыми водой (рис. 167).

С точки зрения отношения береговой линии к геологическим структурам можно вместе с Рихтгофеном различить берега:

*Продольные* — в которых общие очертания береговой линии более или менее совпадают с направлением главных геологических структур — с простираем складок, сбросов и т. п. (западные берега Американского континента, особенно берега Южной Америки, восточные берега Австралии, восточные берега Адриатического моря, берега Норвегии и др. дают нам хорошие примеры такого рода берегов).

*Поперечные* — общее направление берега идет под более или менее прямым углом к направлению главных геологических структур (западный берег Ирландии, берега Нормандии, берега северо-западной части Африки и др.).

*Нейтральные* — направление береговой линии не обнаружи-



Рис. 164. Песчаная коса на побережье Порт-Оргэрд. Вашингтон (по Джонсону)

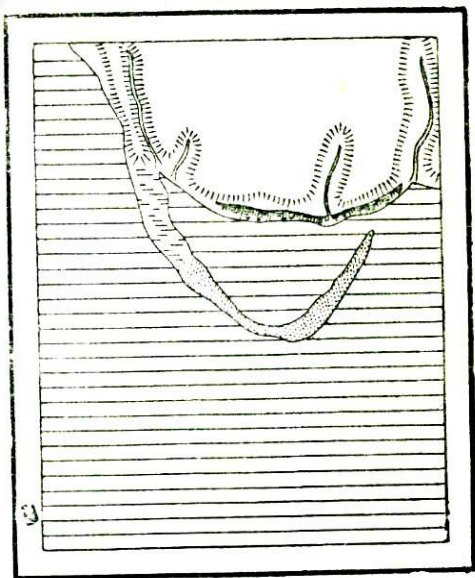


Рис. 165. Сильно изогнутая коса по побережью Вашингтона, США (по Джонсону)

вает никакого отношения к геологическим структурам (берега Финляндии, отчасти Швеции, Гренландии, Кольского полуострова и др.).

Наиболее разнообразны по своим формам берега возвышенные — бухтовые и лопастные. На их характеристике поэтому необходимо остановиться еще несколько подробнее.

Большинство бухтовых берегов, как мы видели, получается в результате наступания моря на сушу или опускания суши под уровень моря. При этом море прежде всего заливает наиболее пониженные места отрицательных форм рельефа, существующих на суше, т. е. чаще всего низовые (устьевые) части долин. Поэтому в подавляющем большинстве случаев продолжением бухт внутрь континента являются долины. От конфигурации и направления этих долин зависит и тип возникающего при этом берега. Различают следующие типы берегов:

1. *Риасовый* — получающийся в том случае, если море зали-  
вает часть суши, расчлененной нормальными эрозийными доли-  
нами. Бухты имеют вид воронок, расширением обращенных  
к морю, суженным концом примыкающих к долине, служащей  
их продолжением внутрь суши. В зависимости от общего харак-

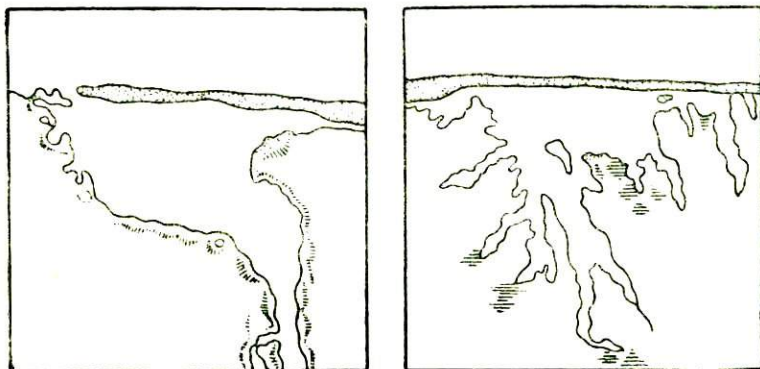


Рис. 166. Перегораживание приустьевых бухт барами (по Джонсону).

тера рельефа последней, степени развития речной сети и ее от-  
ношения к геологическим структурам риасовые берега могут зна-  
чительно варьировать.

Если долины были продольными, то каждый полуостров, раз-  
деляющий бухты, может представлять самостоятельный горный  
хребет или отрог хребта. Северо-западная оконеч-  
ность Испании (Галисии), западные берега Ирландии и Англии, берега  
Бретани, берег Японского моря близ Владивостока, и пр. дают нам хорошие  
примеры риасовых бере-  
гов, которые могут  
встречаться под всеми  
широтами.

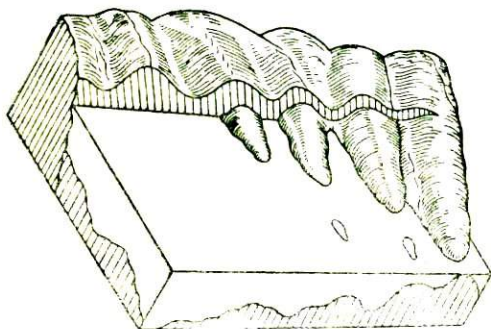


Рис. 167. Гористый берег, рассеченный сбросом, амплитуда которого вправо сходит на-лет.

морскому берегу, а в общем параллельно ему. Если на риасовых  
берегах крайние точки отрогов и мысов между бухтами отчле-  
няются от суши наступающим морем в виде отдельных островов,  
то при далматинском типе отчленившиеся части хребтов имеют  
вид длинных островов, вытянутых параллельно берегу. Они от-  
деляются от остальной суши параллельными берегу каналами или

2. *Далматинский* — от-  
личающийся от риасово-  
го тем, что затопленные  
долины идут не перпен-  
дикулярно или косо к

проливами, которые посредством поперечных проливов соединяются с открытым морем. В зависимости от степени опускания суши и расчленения ее может случиться, что удлиненный остров, параллельный берегу, причленяется к суше поперечной перемычкой (в виде буквы Т); такой тип Пенк называет *valione*. Далматинский тип характерен для восточных берегов Адриатического моря.

3. *Фиордовый* — представляющий наиболее сильно изрезанный тип берегов. Здесь характерны относительно узкие, чрезвычайно сильно вытянутые в длину, извилистые и нередко прихотливо разветвленные бухты, имеющие вид широких долин, вдающихся в глубь материка на много десятков километров (рис. 168). Мор-

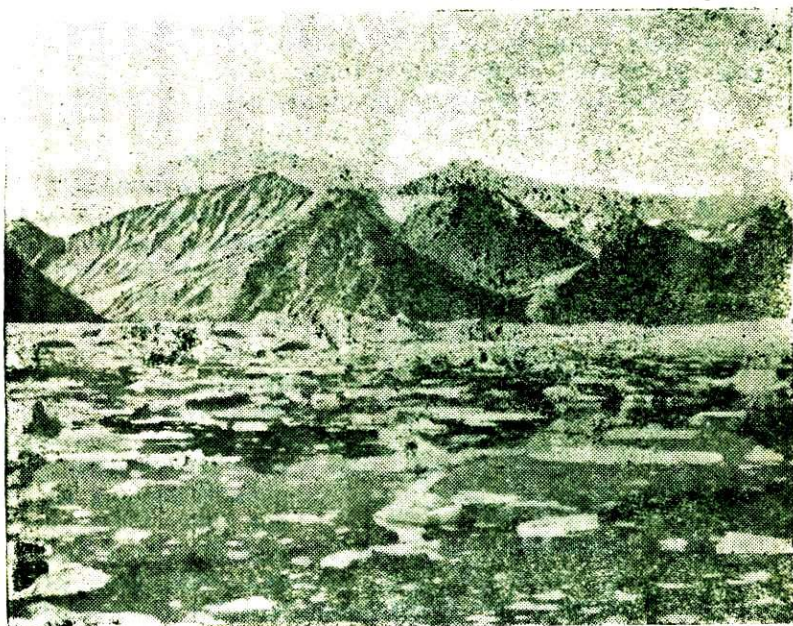


Рис. 168. Фиордовый берег, восточная Гренландия (фото Бойд).

фология этих долин и их склонов с несомненностью свидетельствует о том, что они были преобразованы деятельностью ледников. Корытообразный поперечный профиль, переуглубления, ошлифованные и покрытые бороздами скалы на склонах, поперечные перемычки на дне при выходе из фиордов в море и т. п. являются убедительными доказательствами того, что некогда они служили вмещалищем мощных ледниковых потоков. Правда, строились и другие теории происхождения фиордов, но их нельзя признать удовлетворительными. Вопрос о том, каким образом освободившиеся от ледников долины были заполнены впоследствии морской водой, решается различными авторами по-разному. Одни (Рихтгофен) полагают, что фиордовые берега возникают

в результате опускания суши. Другие (Джонсон) думают, что уже в ледниковое время дно фиордовых долин могло лежать ниже уровня моря, но морская вода тогда была из них вытеснена льдом. По мере стаяния льда море заливало освобождающиеся долины, проникая внутрь континента (рис. 169).

Направления фиордов и их разветвлений часто совпадают с направлениями сбросов и других геологических структур (рис. 170), как это доказано подробными исследованиями Черульфа для Норвегии. Это дало повод некоторым исследователям (Грегори) говорить о тектоническом происхождении фиордов. В действительности мы здесь имеем дело с типичными примерами приспособившихся долин. Ледниковая теория происхождения фиордов не исключает того, что первоначально фиорды были заложены в виде водно-эрозионных долин.

Между соседними фиордами в горах обычно расположены поперечные выемки, образующие более или менее глубокие пере-

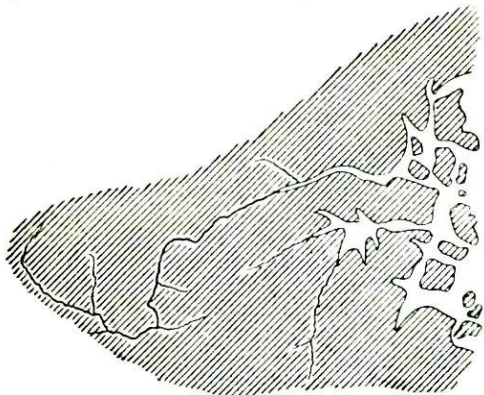


Рис. 169. Фиорды Осло в Норвегии.

валы, ведущие из одной системы фиордов в другую. Глубина этих выемок ближе к морю возрастает, и дальше многие из них оказываются погруженными под уровень моря, образуя проливы, отчленяющие участки континента в виде островов. Фиордовые берега поэтому часто характеризуются многочисленностью сопровождающих их островов (рис. 171).

Рихтгофен отметил, что фиорды чаще всего бывают развиты на продольных берегах; по этой причине фиордовые долины представляются по преимуществу поперечными. Продольные фиордовые долины встречаются реже (в Шотландии, местами в Норвегии). Для фиордовых берегов (в особенности Норвегии) характерно отчетливое развитие поднятых на значительную высоту над современным уровнем моря береговых морских террас и древних береговых линий моря, причем эти последние местами уже успели утратить свое первоначальное горизонтальное положение вследствие более быстрого подъема внутренних частей фиордов в сравнении с морским побережьем. Кроме того, фиордовый берег Норвегии сопровождается вырезанной в скалах, ровной, несколько приподнятой над морем низкой полосой (*Strandflat*), примыкающей к крутоподнимающимся над ней со стороны континента склонам скалистых гор, о которой будет подробнее сказано ниже.

Происхождение всех этих своеобразных морфологических образований Нансен приписывает совожупной деятельности

морских волн и континентального выветривания при изостатических колебаниях Фенно-Скандии, совершившихся в ледниковое и послеледниковое время.

Фиорды встречаются только в областях, подвергавшихся в четвертичный период интенсивному оледенению. Поэтому типичные фиордовые берега мы находим в настоящее время в высоких широтах обоих полушарий (Норвегия, Шотландия, Гренландия, Новая Земля, западный берег Патагонии, Аляска и пр.) (рис. 172).

Аналогичные по формам долины среди невысоких скалистых берегов в юго-западной Швеции иногда называются фиардами (*Fiard*), а если похожие в плане на фиорды бухты изрезают берега низменных стран, сложенных мягкими породами, их называют *фёрден* (*Föhrden*) в Дании и Шлезвиг-Гольштейнии).

Пенк выделяет еще два подразделения бухтовых берегов:

Тип *кала* (*Cala*) — берег изрезан частыми, неглубоко вдающимися бухтами полукруглых очертаний, разделенными острыми мысами — полуостровами (хорошо развит на Мальте и Балеарских островах).

Тип *шерм* (*Scherm*) — характеризующийся редкими, далеко отстоящими друг от друга короткими, тупооканчивающимися бухтами почти прямоугольных очертаний (наблюдается местами в Красном море).

Оба типа представляют некоторые стадии усложнений ровного берега.

Люпастные берега почти всегда обязаны своим происхождением тектоническим движениям (южные берега Балканского полуострова).

Рифовые берега подразделяются на три категории:

*Окаймляющие рифы* — коралловые сооружения, непосредственно прилегающие к коренному берегу.

*Рифовые валы* — коралловые сооружения, тянущиеся в известном расстоянии от берега, параллельно последнему, отделяясь от суши каналом — проливом.

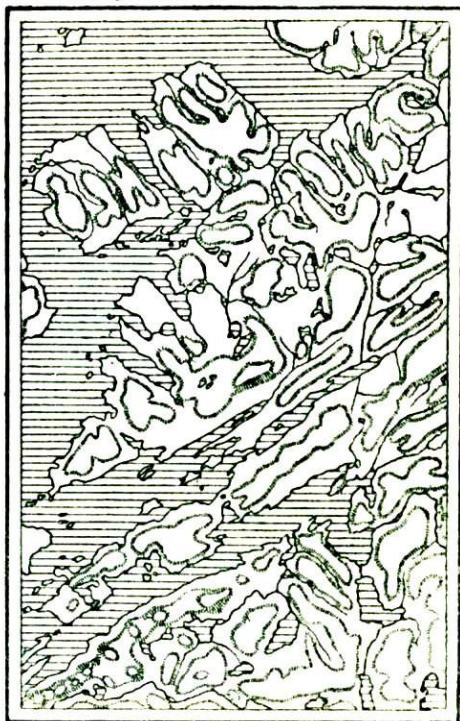


Рис. 170. Тип фиордового побережья Норвегии; пересечение фиордов под прямыми углами приписывается сбросам (по Джонсону).

*Рифовые корки* — нарастающие в мелких морях на побережье; выдаются далеко в море неправильными выступами.

Описанные типы берегов не являются, само собой разумеется, чем-то постоянным и неизменным. Как и другие формы земной поверхности, они подвержены эволюции и с течением времени могут меняться, переходя один в другой. Так, выровненные берега могут развиваться на месте бухтовых. При погружении суши ровный берег превращается в бухтовый, при подъеме — наоборот. Скорость этих изменений и самый ход их зависят от темпа и амплитуды относительных колебаний суши и моря. Этим

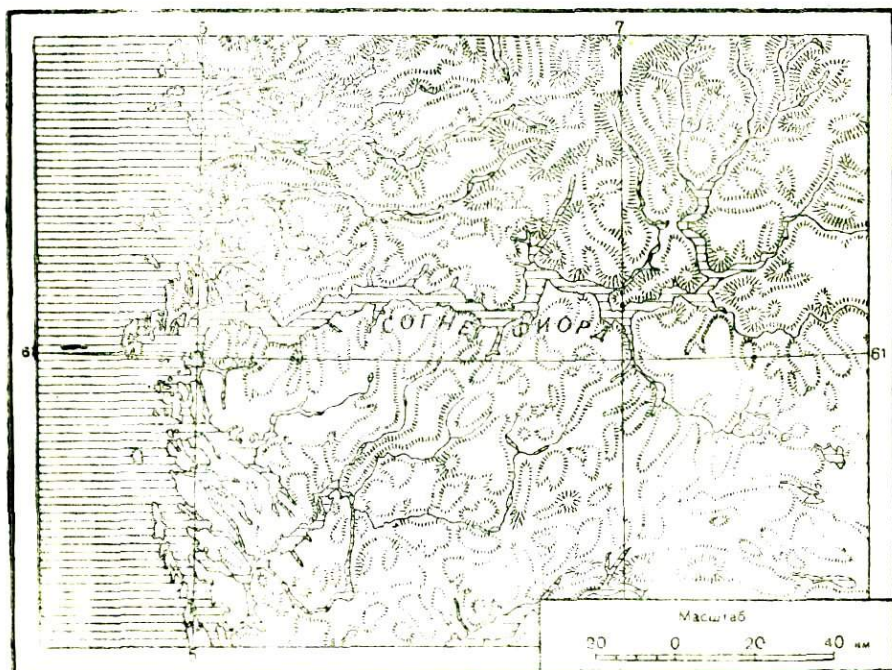


Рис. 171. План Согне-фиорда в Норвегии.

и объясняется чрезвычайно разнообразие деталей в очертании берегов различных стран. При определенных условиях, например, при стабильности береговой линии, развитие очертаний берега идет в определенной последовательности, закономерно, и можно проследить систематическую смену одних форм другими. Это дало повод Девису и некоторым другим американским геоморфологам (Джонсону) развить учение о прибрежно-морском цикле и говорить о юной, зрелой и поздней стадиях последнего.

В особый — *новосибирский* — тип приходится выделить берега, в сложении которых наряду с рыхлыми породами принимает участие каменный (почвенный) лед. Ермолаев предлагает здесь выделить следующие морфологические элементы:

1) *Вертикальный карниз* высотой около 1 м (а).

2) *Вогнутую ледяную стену* (б).

3) *Террасовидный уступ* шириной около 20 м, образовавшийся в результате таяния льда и аккумуляции обрывков крыши, падающих вниз по мере ступенчатости верхней стены и карниза. Этот уступ (в) Ермолаев предлагает называть *термотеррасой*. На поверхности этой террасы в большом количестве встречаются конусовидные кучи, ледниковые столы, а иногда и вертикальные колодцы, промытые талыми водами.

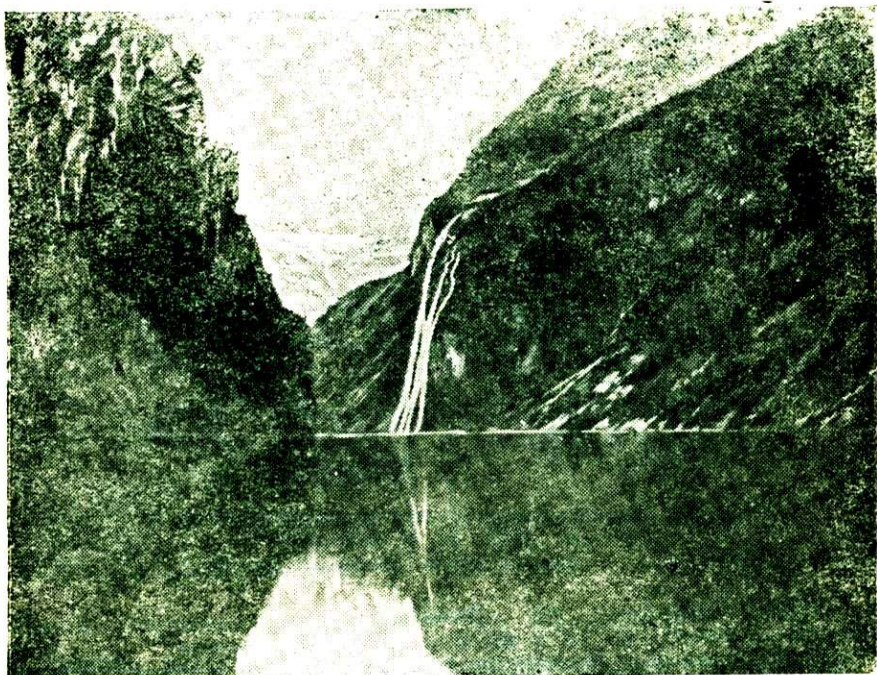


Рис. 172. Гейрангер-фиорд, Норвегия. Главная долина имеет вид ледникового трога, дно которого залито морем. Боковые долины висят, с водопадами (фото Кюдсена).

4) *Нижний ледяной обрыв*, идущий вниз от бровки термотеррасы; он также бывает иногда вогнут и внизу имеет типичный жолоб прибойного вымывания; включенные во льду наклонные земляные жилы, проектируясь на вогнутых ледяных стенках, выступают на них причудливыми фигурами. Иногда весь этот комплекс распадается как бы на два горизонта, что дало повод некоторым исследователям думать, что здесь имеются следы двух оледенений (г) (Воллосович).

В различных местах отдельные морфологические элементы таких берегов в той или иной степени варьируют.

У жителей ленско-колымской тундры описанного типа образования известны под названием *хос-кыгам* или *мус-кыгам*. Мы предлагаем для них название *новосибирского типа*, потому что они наиболее типично представлены на Ново-Сибирских островах (рис. 173).

К подошве берегов новосибирского типа обычно примыкают обширные отмели, образованные накоплениями продуктов размыва ледяных берегов, покоящимися на ледяной абразионной платформе. Слой землистых отложений иногда весьма тонок или даже вовсе отсутствует, так что море покрывает непосредственно ледяное дно.

Данный тип берегов развит на Чукотском побережье и в других частях полярного побережья Сибири, на Ново-Сибирских островах, на Аляске.

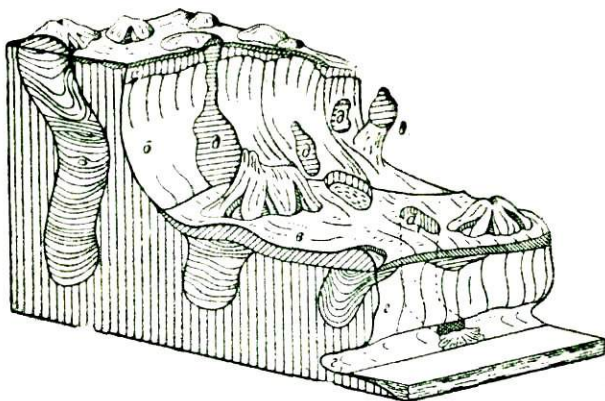


Рис. 173. Блокдиаграмма берега новосибирского типа (*хос-кыгам*) (по М. М. Ермолаеву).

Значение букв см. в тексте.

### Дельты.

Особые образования возникают на тех участках побережий морей и озер, где в них вливаются воды проточных артерий, несущих с континента обломочный материал. Здесь происходит как бы борьба между проточными континентальными водами и водами морского и озерного бассейнов.

Несомый рекой аллювиальный материал, осаждаясь в устьевых частях, где течение ослабевает, постепенно повышает речное ложе и мало-помалу выдвигает его в направлении к морю. Осаждению материала могут препятствовать и даже совершенно задерживать его работа *морского прилива* и *береговые течения*. Если последние достаточно сильны, то речные выносы увлекаются ими прочь от устья реки, осаждаясь затем где-нибудь дальше в виде прибрежных отмелей, кос, пересыпей и пр.

Если же привнос материала с суши преобладает над разрушительной работой морских течений и морского прилива, то в устье реки возникает наносное аллювиальное образование, расширен-

ным своим концом обращенное к морю, а суженным вдвигающееся в речное устье. Оно имеет неправильно треугольную форму и потому носит название *дельты*, по своему сходству с буквой Δ греческого алфавита.

Скорость роста и очертания дельты обуславливаются соотношением между созидательной работой реки и разрушительной деятельностью морских вод. В случае преобладания первой дельта быстро растет вверх, увеличивая свою мощность, и в стороны. По мере разрастания дельты река в пределах ее дробится на сложную сеть рукавов, и каждый рукав выдвигает свой самостоятельный конус, так что, в конце концов, дельта приобретает лопастные очертания. Типичным образцом такого рода может служить дельта реки Миссисипи (рис. 180). Если разрушительная работа морских течений и морского прилива достаточна для удаления материала, выносимого второстепенными рукавами, но не может уничтожить того, что созидает главный речной ствол, дельта приобретает клювовидную форму (рис. 175).



Рис. 174. Лопастная дельта р. Миссисипи.

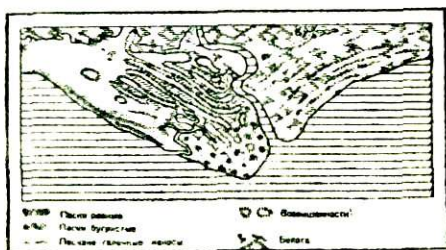


Рис. 175. Клювовидная дельта Тальменто в Италии; видны параллельные береговые валы (по Джонсону.)

Если, наконец, береговые течения и морское волнение разрушают все далеко выдающиеся в открытое море выступы дельты, последняя получает округлый контур, выпуклостью обращенный к морю (такова дельта Нигера в Африке; в пределах СССР такую форму имеет дельта Лены) (рис. 176).

Если дельта возникает на очень мелком побережье, где действие волнения особенно ощутительно, то получается весьма прихотливо очерченная, с изрезанными бахромчатыми краями дельта, окруженная бесчисленным множеством наносных островков; такова дельта Волги.

Если река открывается не непосредственно в море, а в верхнюю часть бухты, образуется особая разновидность дельты, которую Джонсон выделяет в тип *бухтовой дельты*. Она обязана своим происхождением исключительно накоплению аллювиального

материала, на отложение которого работа прибоя и морских течений почти не оказывает никакого влияния. При своем постепенном росте такого рода дельта может выполнить всю бухту или отрезать часть ее и превратить последнюю в лагуну или реликтовое озеро. Дельта Невы дает нам хороший пример такого рода.

Условия для образования дельт могут быть благоприятнее на поднимающихся берегах, чем на опускающихся. Но сам по себе процесс их роста не зависит от этих движений береговой линии, а обуславливается, главным образом, соотношением между работой моря и реки.

Разумеется, дельты могут возникать и на стабильных берегах. Берега, на которых развиваются дельты при описанных выше условиях. Джонсон предлагает относить к категории *нейтральных*.

Если в море, в недалеком расстоянии друг от друга, впадает ряд рек, строящих каждая свою дельту, последние могут сливаться в одну сплошную полосу, образуя тип *дельтового* плюского берега.

Р. Джоэль Россель и Р. Дэна Россель<sup>1</sup>, описывая осадки дельты Миссисипи, утверждают, что здесь накопление осадков и следовательно нагрузка земной коры идут рука об руку с опусканием дна Мексиканского залива, причем это опускание достигает 8 и даже 16 фут в столетие. Причиной опускания авторы считают гравитационное давление толщ осадков. Они утверждают, что во многих геосинклиналях подавляющая масса осадков представлена дельтовыми отложениями. Подобные же явления (опускание дна) можно отметить в Зюдер-Зее к северу от дельты Рейна. Авторы доходят даже до утверждения, будто бы «очевидность оседания в нижних частях дельты Миссисипи столь разительна и так хорошо согласуется с гипотезой, что оседание является результатом нагрузки осадков, что кажется невозможно отказаться от идеи, что дельтовая седиментация является наиболее могущественным фактором в диастрофизме побережья залива». Подобные же соотношения, по словам авторов, имеют место у всех крупных дельт мира.

В том случае, когда море наступает на сушу, река не бывает в состоянии в большинстве случаев достаточно быстро заполнить свое устье наносами, морские воды, смешиваясь с речными, вдаются в виде узкого, глубокого залива внутрь континента, образуя как называемый *эстуарий* (в русской терминологии — *губа*). Устье Оби дает нам весьма типичный пример такого эстуария.

От устьев крупных рек по дну морей и океанов нередко протягиваются хорошо выраженные подводные ложбины или русла, прослеживаемые местами до значительных глубин (до 2000 м). По мнению некоторых исследователей, такие ложбины представляют затопленные морскими водами низовые части речных долин; например: Конго, Обь, Енисей, Хуанхэ и др.<sup>2</sup>

Что образование дельт и эстуариев не находится в прямой зависимости от характера движения береговой линии, доказы-

<sup>1</sup> R. Joel Rossel and R. Dana Rossel. Mississippi River Delta sedimentation, p. p. 153—177.

<sup>2</sup> Прим. См. выше раз с л о подводных долинах.

вается тем, что на одних и тех же побережьях мы находим рядом и эстуарии и дельты (например, северные берега Сибири).

Если расширенные, затопленные морскими водами устьевые части рек отчлениются от моря пересыпями или косами, то их называют иногда, как это уже отмечалось, *лиманами* (термин этот применяется специально в отношении к затопленным, расширенным устьям рек на северном побережье Черного моря — лиманы Днепровский, Куяльницкий, Днестровский и др.). От эстуариев лиманы, следовательно, отличаются тем, что они совершенно или частично *отчленились от моря* наносными перешейками, или косами.

Лиманы представляют лишь особую разновидность полностью или частично отчленившихся от моря лагун, которые на северном побережье Германии носят название *гаффов*, между тем как полосы намывного материала, отделяющие их от моря, называются здесь *нерунгами* (рис. 177).

Главное морфологическое отличие гаффов от настоящих лиманов заключается в том, что они не могут быть рассматриваемы просто как расширенные устьевые части рек, а представляют настоящие лагуны, нередко вытянутые параллельно берегу, иногда же и неправильной формы, суживающейся в на-

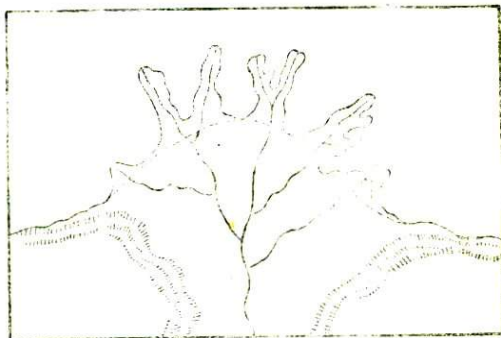


Рис. 176. Схема превращения лопастной дельты в дугообразную деятельностью прилива.



Рис. 177. Поперечный разрез через нерунг Мисдрой (по Зольгеру).

правлении к устью впадающей в гафф реки (типичными примерами гаффов могут служить: Куриш-гафф при устье Немана, Фриш-гафф при устье Прегеля и частью Вислы и Штеттинский гафф при устье р. Одера).

Нерунги состоят из валообразных нагромождений галечника и песков, построенных деятельностью морского прилива на мелком морском побережье. Иногда нерунги представляют узкие и длинные перешейки, еще хорошо сохранившие форму берегового вала, каковым, по существу, они и являются (Курише-нерунг, Фрише-нерунг), иногда же они обладают гораздо более сложным строением, и в их составе можно распознать несколько параллельных береговых валов, более старых и более молодых, частью слив-

шихся между собой, частью разрушенных (Штеттинский нерунг) и, наконец, иногда частично увеличившихся за счет приращения вынесенного реками материала. По существу, нерунги являются не чем иным, как полосой штранда (пляжа), но только не припаянной к материковому берегу, а как бы отодвинувшейся от последнего и выдвинувшейся в море. Часто нерунги прерываются одним или несколькими проливами, через которые во время приливо-отливов морские воды выливаются и выходят из гаффов и через которые находят сток в море опресненные воды, вносимые в гафф реками. Расчлененность проливами может достигнуть такой степени, что вместо одного нерунга получается цепь вытянутых в линию галечно-песчаных островов<sup>1</sup>.



Рис. 178. Берег моря в окрестностях Столпмюнда и Иммлиса (по Зольгеру).

Между полосой дюн и дельтовидным плато на юге (косая штриховка) расположенные низменные марши (прерывистые штрихи) с озерами.

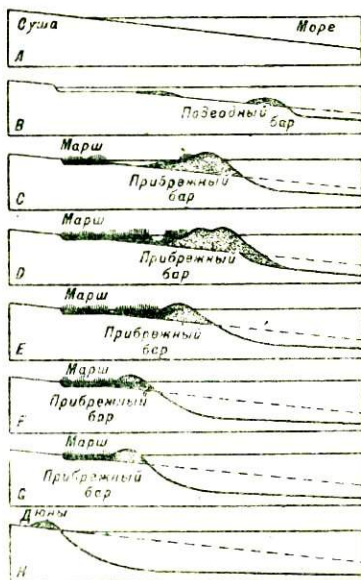


Рис. 179. Стадии нормального развития прибрежных маршей, бара и дюн.

Вода в гаффах бывает то соленая, то солоноватая, то наконец, почти пресная, в зависимости от большей или меньшей доступности их притоку вод из открытого моря — прямому, через каналы в нерунгах, или косвенному путем просачивания через нерунги, а также в зависимости от количества вносимой в них реками воды.

Гаффы с течением времени постепенно мелеют вследствие заноса их, с одной стороны, аллювиальным материалом впадающих в них рек, с другой — эоловыми песками, приносимыми воздушными течениями с нерунгов и вообще с прибрежных полос.

<sup>1</sup> Благоприятными условиями для образования нерунгов и гаффов являются, кроме мелководного побережья, также и очертания берега: именно классические нерунги формируются в местах, где мало изрезанная линия низменного берега образует плавные волнотности внутрь континента, имеющие вид заливов или бухт. Небольшие заливы и бухты могут совершенно отчлениваться от моря нерунгами (пересыпями).

В дальнейшем они начинают зарастать, заболачиваются и мало-помалу превращаются в низменные болотно-луговые пространства, покрытые пышной травяной растительностью и называемые *маршами* (рис. 178, 179).

С течением времени поверхность маршей может снизиться в силу уплотнения и оседания грунта или вследствие общего медленного опускания суши и оказаться лежащей ниже уровня моря во время прилива и даже отлива (Голландия). Тогда марши затопляются речными и дождевыми водами, и для осушения их приходится прибегать к искусственной откачке воды и дренажу (голландские *польдеры*). Польдеры и марши, лежащие ниже уровня моря, всегда подвергаются опасности наводнения во время сильных бурь, и их приходится защищать системами специальных предохранительных плотин.

Случается, что во время приливов морские воды проникают через прорывы в отделяющих от моря марши валах и заливают их временно, а с наступлением отливов вновь уходят. Такие временно затопляемые илестые пространства называются *ваттами*. На поверхности ваттов обычно имеются глубокие борозды, которые остаются заполненными водой даже в моменты отлива. Они обязаны своим происхождением приливо-отливным течениям, и системы их поэтому ветвятся по направлению суши и сходятся вместе к прорывам и нерунгам (рис. 179).

### Прибрежно-морские и прибрежно-озерные террасы.

Мы видели, что при устойчивом положении береговой линии на морском побережье работой морского прибоя создается ряд весьма характерных морфологических образований (абразионная площадка, клифф, прибойная выемка в подошве обрывистого берега, подводная аккумулятивная терраса (отсыпь), береговые валы, пляж и пр.). Все эти образования могут чрезвычайно варьировать в зависимости от конфигурации и геологического состава берега, участия в возникновении данных форм береговых течений, приливо-отливов и т. д.

Если впоследствии в силу каких-либо изменений в относительном положении суши и моря (вследствие эвстатических колебаний уровня моря или в силу эпейрогенических движений литосферы) данная прибрежная полоса поднимается над уровнем моря, она сохранит более или менее отчетливо в своей морфологии следы работы прибоя и других сопровождающих деятельность последнего факторов (рис. 180).

Если при этом некоторая зона вдоль берега действием морских волн была более или менее выровнена (абразионная площадка, шtrand, пляж, отсыпь и пр.) и если эта выровненная зона дальше под водой переходила в более крутой скат, то после подъема прибрежной зоны она может представиться нам в виде террасы (рис. 181). Отчетливость последней станет резче, если море своим прибоем на более низком уровне вновь создаст аналогичный вышележащему комплекс прибрежных форм. Если

подъем суши или понижение уровня моря совершается в несколько приемов с перерывами, то на побережье может возникнуть несколько ярусов террас, расположенных одна над другой. Так, по всему побережью Средиземного моря насчитывается четыре серии окаймляющих его террас.

Прибрежно-морские террасы представляют, следовательно, не что иное, как *приподнятые* на некоторую высоту над современным уровнем моря *прибрежные участки прежнего морского дна*.

Так как уровень моря служит базисом эрозии для впадающих в него рек, то понятно, что параллельно с формированием выров-

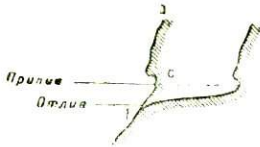


Рис. 180. Разрушение крутого берега работой пр. бая.

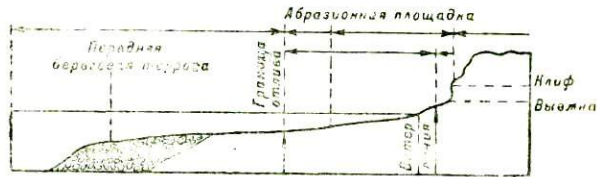


Рис. 181. Элементы береговой зоны во время начальных стадий ее развития (по Джонсону).

ненной зоны на морском побережье идет и выработка аллювиальной поймы в реках, причем поверхность последней в устье реки незаметно переходит в поверхность прибрежных образований моря. Таким образом, морские террасы часто могут без перерыва проследиваться с морского побережья в глубину речных долин (рис. 182).

Тем не менее прибрежно-морские террасы и по своему генезису и по своей морфологии существенно отличаются от речных

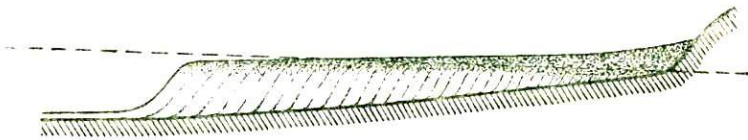


Рис. 182. Дельтовая (аккумулятивная) терраса.

террас (рис. 183). Остановимся несколько подробнее на анализе составных элементов береговой зоны.

По Джонсону, типичная береговая зона в полном развитии состоит из следующих элементов (рис. 181).

Между клиффом и пляжем тянется полоса, покрываемая волнами только во время сильных штормов. Она покрыта нагромождениями песка и галечника, слагающих так называемую (по Джонсону) *заднюю (верхнюю) береговую террасу*. Поверхность последней части бывает пологой наклонена в сторону берега, потому что волны, перекатываясь через нее, нагромождают большую часть материала у обращенного к морю края этой террасы, где поэтому образуется крутой уступ, между тем как в общем здесь эта терраса имеет профиль, *выпуклый* кверху.

Иногда такая терраса состоит из ряда параллельных валов, разделяемых продольными понижениями. Дальше идет собственно пляж (*beach* — *бич*), т. е. покатая к морю, усеянная валунами, галькой и песком полоса, определяемая как зона, в пределах которой прибрежно-морские наносы постоянно перемещаются. Эта полоса покоится на верхней, обращенной к берегу, части абразионной площадки и характеризуется *вогнутым* профилем. Нижняя часть пляжа постепенно уходит под воду, оканчиваясь в некотором расстоянии уступом, который можно, таким образом, считать концом пляжа и, который Джонсон предлагает называть *нижней береговой террасой*, точнее, *передней береговой террасой*. Эта терраса, следовательно, представляет нижнюю, покрытую водой часть пляжа. Затем следует *абразионная плат-*

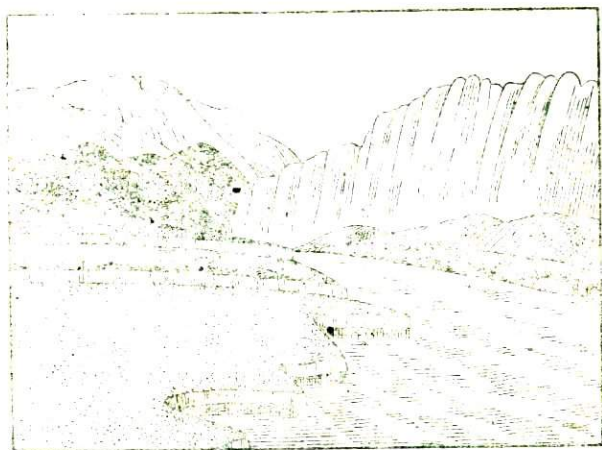


Рис. 183. Террасы на морском побережье Хиверталлук в Гренландии (по Неймару).

*форма*, покрытая тонким плащом наносов, лежащих на коренных породах. Дальше в море к коренному уступу абразионной платформы прислонена полоса рыхлых осадков, оканчивающихся уступом в море и образующих *континентальную террасу*. Ширина всей этой сложной построенной системы прибрежных образований может сильно варьировать в зависимости от целого ряда местных причин и условий; равным образом весьма различны могут быть и те второстепенные формы рельефа, которые наблюдаются на поверхности отдельных частей прибрежной зоны, как над полосой прибой, так и под водой.

«Поверхность построенных работой волн террас, — говорит Гжилльберт, — в целом представляется ровной, но в частности она разнообразится присутствием неровностей в виде параллельных валов, обыкновенно изогнутых. Каждый из них отмечает собой какой-нибудь исключительно сильный шторм, во время которого волны могли подбрасывать береговые наносы на необычную высоту».

Образование вообще всей прибрежной наносной зоны (пляжа) в ее параллельными береговыми валами приходится приписывать на мелких побережьях, главным образом прибойной работе волн, а на более приглубых берегах также и переносу материала береговыми течениями. Как мы уже видели, эти береговые валы состоят из нагромождений галечников, а нередко и песков (прибрежные дюны).

Будучи приподнята над уровнем моря, береговая зона дает нам морфологическое образование, внешний вид которого будет зависеть с одной стороны от высоты подъема, с другой — от первоначального строения самой береговой полосы (того или иного развития клиффа, количества и высоты береговых валов, ширины самого пляжа и т. д.).

Медленное поднятие сравнительно мелкого побережья обычно приводит к образованию прибрежной равнины (см. выше). При более быстром и значительном поднятии более приглубого берега над морем выдвинется узкая полоса суши, круто спускающаяся к морю. Линия прибоя с течением времени формируется на более низком уровне, в связи с чем образуется терраса, на поверх-



Рис. 184. Стадии постепенного разрушения прибоем террасы, вырезанной в прежнем морском дне.

ности которой сохраняется та или иная часть комплекса прибрежных образований. Впоследствии процессы денудации и эрозии удалят частично или полностью рыхлые прибрежные наносы (галечники, пески) с поверхности террасы и обнажат абрадированную подстилку из коренных пород, на которых они раньше покоились, или же уцелевшие на этой подстилке наносы. По содержащимся в этих наносах остаткам морских организмов мы можем судить о возрасте образования террас гораздо точнее и определеннее, чем это возможно бывает при изучении речных террас.

Поверхность прибрежных террас обнаруживает наклон в сторону моря; прослеживаемые в продольном направлении, они сохраняют с большим или меньшим постоянством свою абсолютную высоту над уровнем моря, если только их поверхность не испытала заметных деформаций при тектонических подвижках литосферы. В этом отношении они заметно отличаются от речных террас, поверхность которых, как мы уже видели, обладает заметным наклоном, с одной стороны, вниз по долине, с другой — к стержневой части долины.

Обрыв речной террасы в плане рисуется большей частью в виде вогнутой плавной линии, и своим происхождением он обя-

зан боковой эрозии реки. Прибрежные террасы такой картины нам не дают.

Из всего сказанного выше следует, что прибрежно-морские террасы представляют образования, генетически и морфологически существенно отличные от речных террас. Наиболее правильную форму уступов, поднимающихся ярусами над линией современного морского побережья, они приобретают в том случае, когда главной причиной их образования является скачкообразное эвстатическое понижение уровня моря. Такое именно происхождение приписывается некоторыми авторами террасам, развитым по периферии западной части Средиземного моря. Наоборот, по Атлантическому побережью Норвегии древние береговые линии внутри фиордов оказываются, как уже отмечалось, приподнятыми над морем выше, чем вдоль самого морского побережья, именно потому, что здесь происходило эпейрогеническое и притом неравномерное поднятие суши (внутренние части Скандинавии и в послеледниковое время испытали более значительное поднятие, чем прибрежные зоны).

Так как колебания уровня озер обычно бывают обусловлены климатическими причинами, а по общим условиям своего образования террасы вдоль их берегов напоминают прибрежно-морские, то озерные террасы большей частью отличаются более правильной формой, а кроме того, и лучше сохраняются.

### Методы изучения прибрежно-морских террас.

Вопросы о методах изучения прибрежно-морских террас, а в связи с этим и древних береговых линий моря в настоящее время привлекают пристальное внимание геоморфологов, и им посвящен ряд работ. Дюбуа отмечает, что в истолковании причин смещений береговых линий моря среди ученых намечаются два течения.

Одни, исходя из того, что в различных местностях древние береговые линии располагаются на весьма различных уровнях, приписывают смещение береговых линий исключительно местным беспорядочным колебаниям земной коры и утверждают поэтому, что всякая попытка сопоставления этих линий в различных странах наперед обречена на неудачу.

Другие, наоборот, считают, что колебания эти подчинены некоторым общим законам, так как в ряде стран древние береговые линии прослеживаются на значительных расстояниях на более или менее определенных уровнях.

Причина разногласий коренится, главным образом, в том, что заключения тех или иных ученых базировались на исследованиях, недостаточно углубленных и методически неоднородных. Между тем сопоставление древних береговых линий требует именно весьма вдумчивой проработки и должно базироваться на одновременном использовании совокупности ряда методов, о которых будет сказано ниже.

Метод *альтиметрический* состоит в фиксировании высотных уровней изучаемых террас. Международная комиссия по плиоценовым и постплиоценовым террасам указывает, что для фиксирования уровней террас и сравнении их с уровнями современного моря следует точно установить характерные особенности морского бассейна в изучаемой местности, а именно: выяснить амплитуду нормальных и исключительных приливо-отливов, наклон пляжа и абразионной платформы. Надлежит также выяснить — оставался ли во время образования террасы уровень моря постоянным или же претерпевал те или иные колебания. Для этой цели следует точно установить положение или последовательные положения береговой линии, выделить в рельефе формы, соответствующие древней абразионной платформе, древнему пляжу, древним береговым валам, древней прибрежной равнине, а также попытаться восстановить общие физико-географические условия, при которых происходило формирование в те времена берегового рельефа, как то: экспозицию, направление ветров, степень открытости моря.

В случае, если изучаемая поверхность обладает большим наклоном, чем нормальный наклон пляжа или абразионной платформы, то следует выяснить, имеется ли налицо сложная (*полигенная*) поверхность, образовавшаяся постепенно в соответствии с изменениями уровня моря, или же мы имеем перед собой поверхность, деформированную позднейшими тектоническими процессами.

Установив таким образом положение уровня моря во время образования террасы, можно будет определить абсолютные и относительные высоты этих уровней по отношению к современным уровням, указывая точно — сравниваются ли *средние* уровни, уровни *высокого* или *низкого* стояния вод и пр. При пользовании *альтиметрическим* методом определяется или относительная высота, т. е. разница между современным положением элементов древних береговых линий и положением их в прежнее время, или же просто отмечается по карте, если есть хорошая карта, их абсолютное высотное положение. При сравнении с современным берегом следует при этом сопоставлять между собой однородные ингредиенты древних и современных форм — поверхность пляжей с поверхностью пляжей, береговые валы с береговыми валами и т. д.

Но для определения относительных или абсолютных высот *альтиметрический* метод сам по себе не может давать вполне надежной базы для выводов. Дело в том, что две древние линии, расположенные на одной и той же высоте, могут быть различными по возрасту как в силу смещения их уровней последующими деформациями земной коры, так и по той причине, что при эвстатических колебаниях морской оболочки море могло задерживаться на одних и тех же уровнях в разные моменты геологического прошлого. Поэтому его приходится дополнять и контролировать наблюдениями и исследованиями морфологическими, стратиграфическими и палеонтологическими. Все эти методы, в сущности, не отделены друг от друга, и данные одного часто не могут быть поняты без помощи другого.

При изучении содержащейся в слоях древних побережий фауны большую пользу может принести так называемый биоанализ, или палеонтологическая статистика, которой с успехом пользовались при своих исследованиях, между прочим, Бреггер и Антевс в Скандинавии. Метод биоанализа состоит в определении процентного соотношения различных форм, находимых в изучаемом огложении, и сравнении с процентными соотношениями тех же самых форм в современных слоях ближайших районов. Этот метод, называемый иногда также методом палеонтологического спектра, особенно хорошо применяется, когда ископаемые виды в слое обильны и разнообразны и когда изучаемые слои содержат виды, живущие и в настоящее время в соседних районах.

Если фауна обильна, но число видов невелико, то довольствуются просто установлением частоты и редкости той или иной формы или же прибегают к анализу только более частых или довольно часто встречающихся форм, не обращая внимания на редкие. Так, например, Дюбуа при своих исследованиях в Маре Пуатевен пользовался для определения различного возраста береговых валов нахождением в них в том или ином количестве обычной формы *Tellina baltica*. Кроме того, следует эти более частые формы сгруппировать и по их климатическому характеру, например, арктические, бореальные, лузитанские и тому подобные формы или формы смешанного местообитания. Учет в процентах участия каждой климатической группы может быть использован для сопоставления или для различения морских отложений одной и той же области.

При изучении древних (верхнетретичных и четвертичных) береговых террас и древних береговых линий наших южных морей, и в особенности Каспийского, широко пользовались альтиметрическими, стратиграфическими и палеонтологическими данными, но сравнительно мало применялся прием биоанализа и палеонтологического спектра. Эти исследования позволили в значительной мере осветить сложную историю колебаний уровня Каспийского и Черного морей в геологическом прошлом, а в связи с этим и тех долин, по которым в известные моменты происходило соединение Каспийского бассейна с Понтическим (долина Маньча). Метод сравнения фауны, находимой в этих террасах, с фаунами, населяющими в настоящее время Каспийское и Черное моря, был блестяще применен в работах русских ученых — прежде всего в работах покойного акад. Андрусова, а затем и в работах более поздних советских исследователей Архангельского, Губкина и др.

Необходимо прибавить к сказанному, что когда палеонтологические документы позволяют фиксировать возраст отложений древних пляжей или вообще древних береговых террас, то следует выяснить, не накладывается ли здесь друг на друга несколько отложений различного возраста и можно ли на основании найденных ископаемых форм определить возраст верхнего слоя, т. е., другими словами, момент формирования самой террасы.

При изучении береговых террас весьма важное значение приобретает сопоставление их с террасами речных долин, открывающимися в те морские бассейны, на берегах которых находятся изучаемые древние террасы и древние береговые линии. Так, при исследовании береговых террас побережий Белого моря и севера Кольского полуострова необходимо тщательное сопоставление морских террас с речными для установления полной и ясной картины не только колебаний уровня моря, но и истории развития долин этой области в послеледниковое время. Правильное освещение условий происхождения и развития террас низового Поволжья невозможно без самого детального сопоставления и увязки террас Волги и ее притоков с террасами побережья Каспийского моря. Эта геоморфологическая проблема, приобретающая в настоящее время, кроме теоретического, первостепенный практический интерес, в связи с осуществлением проекта Большой Волги, привлекает особое внимание наших исследователей.

С изучением террас береговых, а также речных, о которых говорилось уже в своем месте раньше, связано решение целого ряда капитальных вопросов прошлой жизни нашей планеты; к числу их, между прочим, относятся смещения береговых линий моря в геологические и исторические времена вследствие вертикальных движений литосферы, проблема колебаний океанической оболочки в связи с возрастанием и сокращением ледникового покрова на земле, вообще проблема эвстатических колебаний морского уровня, вопросы изменения климата в плиоценовое и в постплиоценовое время и др. Крайняя важность и вместе с тем сложность проблем, связанных с изучением террас побудили известного исследователя морских побережий Дугласа Джонсона рекомендовать крайнюю осторожность и вдумчивость при их исследовании и давать себе полный отчет во всей трудности этой проблемы<sup>1</sup>.

В качестве причин, вызывавших колебания морских уровней в геологическом и историческом прошлом, мы можем учитывать четыре гипотезы, а именно: 1) зависимость положения уровней моря в прошлом от эвстатических колебаний морской оболочки; 2) влияние на эти положения равномерных эпейрогенических подъемов и опусканий литосферы на больших пространствах; 3) зависимость прежних уровней от дифференциальных движений и изгибов земной коры; 4) зависимость того или иного стояния уровня моря в прежние времена от комбинации двух или даже трех из перечисленных только что причин.

Джонсон советует подходить к изучению террас без предвзятости и допускать полное равноправие каждой из перечисленных причин в качестве рабочей гипотезы.

До настоящего времени произведено огромное количество работ по исследованию морских и связанных с ними речных террас, причем по вполне понятным причинам главная масса таких работ

---

<sup>1</sup> Douglas Johnson. The correlation of ancient marine levels, Compt. Rend. Congrès Intern. de Géographie, Paris 1931, p. 42-54.

даает на западно-европейские страны, особенно средиземноморские, а также на Северную Америку. Для некоторых стран имеются систематические, по определенным программам и методам произведенные исследования, как, например, для Иберийского полуострова. Чрезвычайно детальными и тщательно выполненными работами по изучению древних береговых линий освещены также и побережья Скандинавских стран и частью Лабрадора.

На основании этих исследований делались попытки установить некоторые общие законы расположения плиоценовых и постплиоценовых террас на определенных уровнях, но нельзя сказать, чтобы они получили всеобщее признание. Так, уже давно Шарль Депенер<sup>1</sup>, суммируя результаты изысканий в Западной Европе и северной Африке — по побережью Атлантического океана, а также по берегам западной части Средиземного моря, установил, как он полагает, *общий закон*, по которому террасы располагаются на уровнях в 90—100 м, 55—60 м, 28—35 м и 18—20 м. Он утверждал даже, что вставленные друг в друга речные террасы, повидимому, располагаются на указанных уровнях не только в Западной Европе, но и в других странах (например, в Азии) по всему протяжению речных долин, и хотел в этом видеть важное обобщение, позволяющее приписывать это явление не эпейрогеническим движениям литосферы, а скорее эвстатическим колебаниям морской оболочки. В подтверждение универсальности установленного закона Депенер приводил исследования своих учеников в долинах Евфрата и Меконга, которыми было констатировано, что и в этих долинах террасы располагаются на тех же уровнях, что и в Западной Европе. Однако, такой вывод представляется по меньшей мере еще гадательным. Гораздо более правдоподобными по современному уровню наших знаний, надо считать соображения Дюбуа<sup>2</sup>, который предполагает (в качестве рабочей гипотезы) различать три типа расположения древних морских береговых линий на земном шаре: атлантический, тихоокеанский и скандинавский.

*Атлантический* тип — отличающийся тем, что на обоих примыкающих к северной части этого океана материках (Европы и Северной Америки) мы находим линии древних берегов и террасы на больших пространствах на определенных в общем уровнях, правда, не совсем одинаковых в Америке и в Европе. Число этих четвертичных террас невелико, линии расположения их поверхностей более или менее горизонтальны. Все это объясняется при допущении эвстатических колебаний океанической оболочки, сочетавшихся с эпейрогеническими движениями литосферы в пределах континентов.

<sup>1</sup> Charles Depéret, Rapport de la commission des terrasses pliocène et pléistocène, 1928, p. 120.

<sup>2</sup> Georges Dubois, Les méthodes de recherches dans l'étude des anciennes lignes de rivages quaternaires, Compt. Rend. Congrès intern. de Géographie, Paris 1931, p. 32—41.

*Тихоокеанский* тип — наблюдающийся не только по берегам Тихого океана, но местами также и по берегам Средиземного моря и Атлантического океана. Присущ зонам новейших активных движений земной коры, происходивших с конца третичного времени и до сих пор. Террасы располагаются неправильно на различных уровнях, часто они наклонены, местами можно отчетливо установить влияние на их положение землетрясений (Япония). Очевидно, здесь образование террас происходило в результате комбинаций эвстатических движений океанической оболочки с диастрофическими изгибами земной коры.

*Скандинавский* тип — классически развит в Скандинавии. Террас очень много, они располагаются на всевозможных, постепенно убывающих уровнях, наиболее высокие из них по возрасту все же очень молоды, так как относятся к позднеледниковому или послеледниковому времени. Происхождение их объясняется изостатическими колебаниями земной коры в связи с освобождением ее от якорявавших ее ледниковых масс. Но и здесь играли роль эвстатические колебания океанической оболочки.

К этим трем типам Д ю б у а можно бы добавить четвертый — *каспийско-черноморский*, в формировании которого принимали участие частью общие изменения уровня океана и общие движения земной коры, частью колебания уровней, замкнутых внутриконтинентальных водных бассейнов, связанные с климатическими причинами и перераспределением гидрографической сети в геологическом прошлом, а также сейсмические явления (по берегам Кавказа). Очевидно, что группировка и расположение террас последнего типа не могут быть одинаковыми с тремя названными выше типами.

Из только что сказанного видно, что если закон Де пере и может иметь значение широкого обобщения, то вероятнее всего только по отношению к берегам Атлантического океана и западного Средиземноморья, да и то с целым рядом исключений.

### Прибрежные скалистые платформы (стрендфлет)

Гористые берега арктических и субарктических стран во многих местах окаймляются более или менее широкими зонами пониженных скалистых пространств, которые получили от норвежского исследователя Г. Реуша название *стрендфлет*, что в переводе на русский язык значит «прибрежная плоская низменность, или равнина». Такие весьма замечательные геоморфологические образования в очень типичном виде развиты по атлантическому побережью Норвегии, вдоль берегов Шпицбергена, по западному побережью Гренландии, частью вдоль западных берегов Новой Земли, вдоль берегов Таймыра и др.

Совершенно такие же образования были открыты и описаны Хольтедалем на некоторых островах в Антарктике. Фансен<sup>1</sup>, посвятивший описанию и выяснению генезиса стрендфлета

<sup>1</sup> Fridtjof Nansen. The Strandflat and Isostasy. Kristiania. 1922 (Videnskapselskapets Skrifter. I. Mat. Nat. Klasse. 1922. Nr. 11).

специальную большую монографию, в следующих словах определяет его характерные черты: «Норвежский стрендфлет протягивается вдоль западного и северо-западного берегов Норвегии от Линдеснеса до Финмаркена в виде низкой плоской предгорной ступени, а зачастую и в виде широкого пояса тысяч низких островов, шхер и скал по фронту высокой горной страны. Он смыкается сзади к обрыву гор, которые часто внезапно поднимаются от внутреннего края стрендфлета на высоту нескольких сотен метров. Ширина стрендфлета может сильно колебаться — от нескольких километров, в некоторых местностях до 60 км (например, в районе Хиттерен) и до 46—50 км в Хельгеланде». . . «Характерными чертами его являются: 1) замечательно ровная горизонтальная поверхность, образуемая плоскими вершинами тысяч низких шхер, островков и полуостровов, поднимающихся на небольшую высоту над морем, так что при взгляде издали кажется, будто они были срезаны и выровнены до этого уровня по линейке; 2) горизонтальный и резко выраженный рубец (шов), по которому эта плоская поверхность пересекается с гористыми склонами суши, которые часто представляются чрезвычайно крутыми и поднимающимися внезапно от внутренней закраины этой плоской поверхности; 3) там и здесь над поверхностью стрендфлета поднимаются холмы или горы, или гористые массы в виде более или менее изолированных останцов или монаднок, часто с очень крутыми боками.» Не всюду стрендфлет выражен так хорошо. Местами он оформлен не столь отчетливо, поверхность его представляется волнистой, а местами его бывает даже трудно отличить от низких холмистых пространств внутри страны.

Хольтедал<sup>1</sup> подчеркивает, что стрендфлет представляет именно *береговую скалистую платформу*, и вместе с тем считает ее характерной чертой то, что в действительности она представляется не вполне горизонтальной, а довольно неровной, что отчасти отмечал, впрочем, и Ф. Нансен.

Более подробные исследования показали, что местами имеется не одна поверхность стрендфлета, а несколько располагающихся на разных уровнях. Так, по данным Ф. Нансена, в Норвегии стрендфлете можно выделить по крайней мере три различных уровня.

Верхняя поверхность в южной Норвегии располагается большей частью на высоте 30—40 м, местами может быть даже выше. Этот уровень в северной Норвегии лежит на несколько меньшей высоте, да и сама поверхность выражена здесь хуже. Более низкая поверхность в южной Норвегии лежит на высоте 15—18 м над уровнем моря, а к северу понижается, опускаясь, например, в Хельгеланде до 8—10 м. Наконец, есть еще одна поверхность, погруженная под уровень моря; она хорошо развита в южной Норвегии, а также севернее (в Хельгеланде). Она залегает большей частью на глубине немногих метров под поверхностью моря (меньше 10 м).

<sup>1</sup> Olaf Holte dahl. Scientific Results of the Norwegian Antarctic Expedition. 1927—28. Instituted and financed by Consul Lars Christensen. V. 1. Oslo. 1935.

По вопросу о происхождении стрендфлета высказывались разные мнения, сводка которых дана в упомянутом труде Ф. Нансена. Некоторые авторы считали стрендфлет результатом работы *морской абразии* (Реуш, Фохт, Рихтер). Другие приписывали активную роль в происхождении его деятельности спускавшихся к морю ледников (А. Хелланд, Ф. Нуссбаум, А. М. Ганзен, Норденшельд). Третьи (де-Геер, Седергольм) настаивали на важной роли тектонических процессов в образовании скалистых прибрежных равнин Норвегии. Четвертые (в особенности Г. В. Альман) склоны были видеть в стрендфлетах не что иное, как денудационные почти-равнины, возникшие в результате длительной субаэральной денудации, совершенно независимой от деятельности моря и казавшиеся на том уровне, где мы их сейчас видим, только в результате эпейрогенических движений литосферы.

Ф. Нансен дал исчерпывающую критику этих теорий и показал их несостоятельность, в особенности первой, третьей и четвертой группы. Что касается прежде всего тектонических теорий и теорий субаэрального непенена, то в пользу их нельзя привести никаких серьезных доказательств и, наоборот, существующие данные многочисленных наблюдений полностью им противоречат, и прежде всего то обстоятельство, что, как указано, эти морфологические образования встречаются только в полярных и субполярных странах и отсутствуют в более низких широтах. Тот же важный аргумент можно выдвинуть и против теории образования стрендфлета исключительно деятельностью морской абразии.

Правда Кюшингом, как указывает Ф. Нансен, описаны очень похожие на стрендфлет образования, в виде скалистых низменных прибрежных платформ, окаймляющих на больших расстояниях восточные берега Индии и достигающих местами до 75 км ширины. С гористыми склонами внутренних частей страны они пересекаются такими же резкими рубцами, как и в Норвегии, и точно так же горы поднимаются от этого шва внезапно и очень круто в высоту в несколько сот, а местами и более 2000 м.

Кюшинг считал эти образования за абразивную платформу. Но Нансен думает, что в данном случае их возникновению благоприятствовали специфические климатические условия, при которых особенно энергично происходит выветривание горных пород у подошвы крутых горных склонов. Но эти единичные исключения все же не могут затушевывать основного факта приуроченности стрендфлета к гористым побережьям стран с определенными суровыми климатическими условиями и к тому же переживавших в недавнем прошлом оледенение.

Сам Ф. Нансен склонен объяснять возникновение стрендфлета *совокупной деятельностью морской абразии и морозного выветривания в условиях стабильного положения береговой линии моря в течение продолжительного времени*. Вдоль береговой линии моря у подошвы гор зимой накапливается снег, который весной и летом медленно тает и, пропитывая влагой коренные породы, способствует при ночных заморозках их быстрому распаду. Раз-

рушительная работа морского прибоя, таким образом, сильно облегчается и ускоряется в сравнении с теми частями побережья, где такого процесса интенсивного морозного выветривания не происходит.

Нансен подчеркивает, что разрушение горных пород совершается гораздо быстрее и энергичнее, когда они пропитываются пресной, а не соленой морской водой. Лед, получившийся в результате застывания морской соленой воды, — порист, мягок и гибок и при температуре замерзания (морская вода замерзает при  $-1^{\circ}$  до  $-1,9^{\circ}\text{C}$ ) не расширяется так быстро и внезапно, как пресный лед, который представляется твердым, крепким и хрупким. Вот почему пресный лед в трещинах горных пород является гораздо более могущественным разрушительным агентом, чем соленый морской. По этой причине в местах, где происходит (у подошвы гор на морском побережье) пропитывание пород талой водой от снега и льда, они распадаются очень быстро и продукты распада делаются добычей морского размыва. На таких именно участках побережья и начинает формироваться прибрежная скалистая платформа, для полного и широкого развития которой, естественно необходимым условием является длительное стояние береговой линии на одном уровне. Таким образом, предпосылкой для возникновения стрендфлета являются прежде всего определенные суровые климатические условия. Вот почему мы и наблюдаем их только в определенных широтах. Если в отдельных странах (например, в Индии) мы находим аналогичные образования, то как раз там, где климатические условия удовлетворяют, по видимому, этим требованиям (сухость, резкие колебания температуры).

Нансен полагает, что в Норвегии наиболее благоприятные для образования скалистых прибрежных платформ условия существовали в конечные стадии межледниковых эпох, потому что в эти моменты побережья не были погребены под ледниковыми массами, а, с другой стороны, климат был достаточно суров и характеризовался резкими колебаниями температуры. Расположение уровня стрендфлета тремя ярусами Нансен объяснял чередованием периодов стабильного положения береговой линии с подъемами суши или опусканиями уровня моря, соответствовавшими смене межледниковых и ледниковых эпох. В межледниковые эпохи уровень моря продолжительное время сохранял неизменным свое положение; в ледниковые эпохи, в силу нагрузки и разгрузки земной коры массами льда, происходили, по причине нарушения изостатического равновесия, колебания суши, преимущественно подъемы, так как каждый ледник сбрасывал в море все новые и новые массы разрушенных горных пород в виде морен и таким образом способствовал уменьшению веса земной коры. Естественно, что по истечении каждого оледенения это давало себя знать в подъеме суши.

Наличие в Норвегии трех ярусов стрендфлета, по мнению Нансена, могло бы удовлетворительно быть объяснено при допущении трех межледниковых эпох, как это принимается для Альпийских стран. При таком допущении самое наличие нескольких ярусов стрендфлета являлось бы убедительным доказательством способности земной коры быстро реагировать на нарушения

изостатического равновесия. Такую именно точку зрения и проводит в своей работе Нансен. К этому остается добавить, что весьма благоприятным условием для выработки типичного стрендфлета Нансен считал также сильную изрезанность берега моря фьордовыми долинами.

Хольтедаль в упоминавшейся выше работе, касающейся геологии и геоморфологии некоторых архипелагов Антарктики (архипелага Пальмера), уделил много места также происхождению стрендфлета. Не отрицая в общем значения выдвинутых Нансеном факторов и соглашаясь также, что одним из важных предварительных условий для формирования стрендфлета является расчленение берговой линии фьордами, Хольтедаль все же возвращается к прежней идее Норденшельда и доказывает, что в выработке стрендфлета, особенно в первых стадиях, существенную роль играют также развивающиеся на обращенных к морю склонах гор местные ледники, залегающие в цирках (карах).

В процессе своего развития такие ледники, постепенно подтачивая горные склоны и выработывая горизонтальные днища (как в карах), могут постепенно расширяться и сливаясь друг с другом, в конце концов, давать начало образованию стрендфлета. Впоследствии возникшая таким путем прибрежная скалистая платформа может быть перекрыта спускающимися на нее подошвенными ледниками, выходящими из фьордов, которые так или иначе преобразуют ее поверхность, придадут ей наблюдающиеся нередко на стрендфлете волнистые формы, удалят с нее моренные нагромождения и пр. Нельзя отрицать полную правдоподобность такого рода процесса. Но надо сказать, что такой процесс представляет лишь частный случай тех явлений, которые и Нансен считал наиболее существенными в формировании стрендфлета.

Хольтедаль, кроме того, останавливается на причинах отсутствия стрендфлета на некоторых участках побережья Норвегии, Шпицбергена и др. Причина заключается, по его мнению, в различии геологического состава: стрендфлет легче образуется там, где берег сложен породами, легко поддающимися разрушению атмосферными агентами (сланцами, мергелями, песчаниками), между тем как на прочных горных породах, в особенности в местах, не рассеченных фьордами, стрендфлет может не сформироваться. Но и на побережьях, сложенных мягкими породами, уже образовавшийся стрендфлет может впоследствии быть разрушен наступившим на него ледниковым покровом, и в таком случае на его месте остается обычно подводная, постепенно спускающаяся в глубь моря отмель. На это указывал и Нансен.

В общем Хольтедаль следующим образом резюмирует последовательность событий в четвертичное время в развитии побережья северной Норвегии.

1. Фиорды врезаются в коренные породы области современного стрендфлета.
2. Планация стрендфлета, выравнивание страны в течение долгого периода, подобного современному.

3. Перекрытые площади стрендфлета массой континентального ледника, вероятно при более высоком положении суши. Отложение рыхлого материала по внешней стороне типичной площади ниже (вследствие выноса его туда ледником Я. Э.).

4. Отсутствие ледника и сnivelирование указанных отложений действием волн во время периода медленного опускания суши, в течение которого суша опустилась на 20—30 м ниже современного положения. Образование подводной платформы побережья Финмаркена.

5. Подъем страны до уровня 100 м выше современной поверхности моря. Последнее оледенение. Эрозия внешней зоны побережья Финмаркена, главным образом, троговыми долинами (фьордами) или каровыми ледниками. Затем опускание, за которым позже последовало поднятие страны.

Таковы наиболее вероятные объяснения замечательных береговых форм, получивших название стрендфлета. Надо сказать, что многие детали в их происхождении все же остаются еще не совсем ясными и требуют дальнейших исследований. В частности, требуют более детального изучения новоземельские «стрендфлеты», отличающиеся некоторыми особенностями. Точно так же остается пока гипотезой, хотя и очень интересной, мнение Нансена о том, что «стрендфлеты» являются красноречивым доказательством изостатической податливости земной коры.

По отношению к стрендфлету Новой Земли Д. Г. Панов<sup>1</sup> высказал предположение, что он представляет часть наметившейся еще в третичное время поверхности предгорной равнины, в ледниковое время обработанной ледниками и затем отделившейся от погружившегося островного шельфа по тектоническим линиям разрыва. Эта теория представлена автором в слишком общей форме для того, чтобы можно было высказаться определенно о степени ее убедительности. Против нее говорит отмечающаяся выше приуроченность стрендфлета к высоким широтам и следовательно к определенным климатическим зонам.

В последнее время А. Айгнер вновь ставит вопрос, не играли ли при формировании стрендфлета существенной роли тектонические движения, следовательно делает как бы попытку вернуться ко взглядам де-Геера и Седергольма<sup>2</sup>. Но он не приводит сколько-нибудь убедительных новых данных в пользу такого допущения, да и сам высказывается крайне осторожно и с оговорками. Отмечая его взгляды, мы только подчеркиваем, насколько еще много нужно поработать для окончательного решения вопроса о генезисе стрендфлета.

<sup>1</sup> Д. Г. Панов. Геоморфологический очерк полярных Уралов и западной части полярного шельфа. Труды Института Географии АН СССР. Вып. XXVI. 1937. Стр. 88—89.

<sup>2</sup> Andreas Aigner. Geomorphologische Beobachtungen aus dem Gebiete Zwischen Salt-und Ranfiord im nördlichen Norwegen. Zeitschr. f. Geomorphologie. 1938. В. X, Н. 6. Pp.235—254.

## ОСТРОВА.

*Островами* называются сравнительно небольшие участки суши, со всех сторон окруженные водой. Они могут располагаться среди морей, озер и рек. Здесь мы остановимся сначала на морских островах.

## Морские острова.

Размеры морских островов весьма различны. Самый большой остров — Гренландия — занимает площадь около 2,1 млн. кв. км и мог бы, в сущности, считаться континентом. Площадь следующего по величине острова — Новой Гвинеи — составляет около 800 000 кв. км. Несколько меньше по площади остров Борнео (734 000 кв. км). Площадь острова Мадагаскара составляет 590 000 кв. км, т. е. заметно превосходит площадь Германии. Площадь Великобритании равняется 230 000 кв. км. Исландия занимает по площади 103 000 кв. км. Зато есть и очень маленькие острова; так, площадь острова Вознесения всего 88 кв. км, а острова Сала и Гомец (в юго-восточной части Тихого океана) всего даже 4 кв. км. Многие морские острова представляют одинокие скалы, поднимающиеся над поверхностью моря или океана; в любом архипелаге можно наблюдать такие острова в большем или меньшем числе.

Морские острова редко лежат одиноко среди океанов: таковы, например, Ян-Майен в Северном Ледовитом океане и Исландия в северной части Атлантического океана, остров Св. Елены в Атлантическом океане и др. Большинство они располагаются или парами, как, например, Великобритания с Ирландией, Новая Зеландия, Новая Земля, или же более или менее многочисленными группами, носящими название *архипелагов*. Некоторые архипелаги включают десятки и даже сотни островов и занимают огромные пространства. Так, Северо-Американский арктический архипелаг включает множество островов, общая площадь которых равняется 1 400 000 кв. км, а Малайский архипелаг имеет еще большую площадь (2 800 000 кв. км). Площадь всех морских островов, известных на земном шаре, включая Гренландию, составляет около 10.500.000 кв. км.

Столь же разнообразны острова по устройству поверхности и по своему происхождению. На островах мы находим все формы поверхности и в тех же сочетаниях, как и на суше: различно расчлененные горные возвышенности, плоскогорья, холмистые ландшафты, равнины и пр. На Новой Гвинее, на Новой Зеландии и на некоторых других островах мы видим такие же высокие складчатые альпийского типа горные цепи, местами несущие мощные ледники, как и на материках. Архипелаг Земли Франца-Иосифа по своей морфологии сильно напоминает Средне-Сибирское плоскогорье в области развития траппов, т. е. имеет вид типичной столовой страны, что обусловлено развитием базальтовых покровов, залегающих на горизонтально наслоенных юрских отложениях. Острова Северной Земли дают картину сильно денудированного складчатого нагорья, близко напоминая в этом отношении соседний Таймырский полуостров. Остров Колгуев являет пример слабо холмистой страны с ясно выраженным аккумулятивным древнеледниковым рельефом, сходным с рельефом северной части Печорской тундры, и т. д.

Но все же не мешает заметить, что в сравнении с сушей на островах большую роль играют вулканические ландшафты, прибрежно-морские равнины и береговые террасы; наконец, одна категория среди островов обладает формами, совершенно чуждыми континентам, — это именно коралловые, окаймляющие рифы и атоллы, о которых подробнее будет сказано ниже.

Что касается происхождения, то в этом отношении для всех островов Рихтгофен предложил следующую классификацию:

А. Континентальные острова. Они подразделяются на несамостоятельные и самостоятельные континентальные острова.

*Несамостоятельные* континентальные острова включают следующие генетически различные группы:

1. Острова, образовавшиеся вследствие проникновения моря в пониженные части рельефа суши; поэтому их можно также назвать *отчлененными*.

Среди таких островов можно выделить ряд типов:

1) *Риасовые* — это обычно небольшие острова, встречающиеся у поперечных берегов, сложенные коренными породами и располагающиеся многочисленными группами у риасовых берегов. Всегда имеют расчлененный гористый рельеф (острова у берегов Бретани, Галисии, в Ирландии, Шотландии, Китае, Корее, близ Владивостока и пр.).

2) *Отчлененные* (в собственном смысле слова) — по происхождению близки к предыдущим, отличаясь от них лишь тем, что лучше сохраняют все черты устройства поверхности прилегающей суши. Свойственны берегам, у которых не так заметно ощущается приливное и абразионное действие моря (острова у берегов Далмации).

3) *Фиордовые* — приуроченные к фиордовым, следовательно, к продольным, сильно расчлененным эрозионными бороздами в поперечном направлении берегам.

4) *Приустьевые* — возникающие вследствие проникновения моря в устьевые части рек суши, имеющей характер низменный или глыбовый. Встречаются сравнительно редко.

2. *Сбросовые* — образующиеся в результате сбросов и происходящего при этом захвата морскими водами образовавшихся впадин (Эгейские острова у берегов Греции).

Островное положение *самостоятельных* континентальных островов обуславливается комбинацией тектонических процессов и проникновением моря такого же порядка, как в предыдущих случаях. В общем они построены так же, как континенты, но представляют самостоятельные объекты исследования. Они расположены дальше от континентов, и некоторые из них так велики, что похожи на маленькие континенты. Они подразделяются на следующие группы:

1. *Краевые* континентальные — представляющие дугообразно возвышающиеся над уровнем океана внешние края материков, круто падающие кнаружи и сопровождающиеся большей частью вулканами (Восточно-Азиатские островные дуги, Антильские острова).

2. *Околосматериковые* — также располагающиеся на континентальном цоколе, но не представляющие край материков и не группирующиеся в дуги (Великобритания с Ирландией, Корсика, Сардиния, Сицилия, Борнео, Целебес, Гренландия, арктические архипелаги, Тасмания и пр.).

3. *Внешние* (далекие) континентальные — обломки континентов, лежащие вне их арсалов и не представляющие поднятых краев материков (Мадагаскар, Цейлон, Фальклендские, Георгия).

**Б. Паразитные острова** — представляющие собой небольшие острова вулканического и кораллового происхождения, разбросанные среди открытого океана, у берегов континентов, а также вперемежку с материковыми островами. Не имеют никакого отношения или очень отдаленное к тектоническому строению материков. К ним принадлежат:

1. *Собственно вулканические* — образовавшиеся исключительно в результате вулканической деятельности, так что сюда не следует относить острова, состоящие из коренных пород, усаженных вулканами. Такие вулканы большей частью образуются на поднятых частях океанического дна (например, многие острова южной части Тихого океана, Гавайи и др.).

2. *Коралловые* — такие, в происхождении которых существенное участие принимают коралловые сооружения (окаймляющие и барьерные рифы, атоллы).

**В. Намывные острова** — большей частью мелкие, незначительные острова, возникающие в результате накопления рыхлых материалов, вынесенных речными потоками, ледниками, ветрами, морским прибоем и т. п., и накопившиеся в таком количестве, что возвышаются над уровнем моря. Располагаются почти всегда у берегов и не имеют никакого отношения к внутреннему строению материков; они обычны у краев лагун, в приустьевых частях рек и т. п.

Между перечисленными категориями островов нельзя провести резких границ: от одних к другим существуют постепенные переходы.

Все острова таким образом можно подразделить на континентальные и самостоятельные (самородные), которые можно также назвать *талассохтонными*. Первые или составляют отчлененные водой краевые части материков, или, во всяком случае, обязаны своим происхождением тем же силам и процессам, которые создали соседние с ними континенты. Вторые произошли независимо от материков. Эту последнюю категорию островов А. Пенк предложил назвать океаническим типом, но такое название надо понимать условно, т. е. что эти острова в своем генезисе связаны с силами, действующими на дне океана (вулканы, коралловые сооружения), а не в том смысле, что они располагаются далеко от материков в океане, так как иногда самородные острова лежат довольно близко к берегам континентов. С другой стороны, и континентальные острова нередко отстоят довольно далеко от материков (Японские, Формоза, Мадагаскар, Новая Зеландия).

Континентальные острова можно еще подразделить на прибрежные, собственно континентальные шельфовые и континентальные глубокого моря.

1. *Прибрежные* — по своей конфигурации, происхождению и географическому положению тесно связаны с береговой зоной материка и представляют, в сущности, лишь краевые части берега, отделенные от суши водой. По геологическому составу и происхождению среди них можно различать *скульптурные* и *аккумулятивные*. Первые сложены точно такими же коренными породами, как и побережье, и являются не чем иным, как крайними участками последнего, превратившимися в острова вследствие наступания моря на сушу по причине опускания континента или же эвстатического повышения уровня моря. Вторые представляют накопления рыхлого материала (галечки, валунных суглинков, песков, илов) деятельностью морского прилива, айсбергов, ледников, приливо-отливных волн, береговых течений, аккумулятивной деятельностью впадающих в море рек и т. п.

Чем сильнее расчленен берег, тем многочисленнее окаймляющие его острова. У берегов Норвегии, Швеции, Финляндии море усеяно бесчисленным множеством островов, образовавшихся вследствие затопления морскими водами древнеледникового, сильно расчлененного скульптурно-аккумулятивного (холмисто-моренного) ландшафта. Таковы *шхеры* у берегов Финляндии, состоящие из множества живописных скалистых островков, нередко увенчанных наверху мореными отложениями.

Столь же многочисленны острова у берегов Гренландии, Патагонии, Далмации. Размеры их могут сильно варьировать.

Вдоль ровных берегов острова встречаются реже, как это видно, например, по берегам Кольского полуострова, по Южному берегу Крыма, восточному побережью Сихотэ-Алиня, западному и восточному берегам Охотского моря и т. п.

Архипелаги прибрежных островов часто состоят из коренных пород и относятся к категории скульптурных или смешанных скульптурно-аккумулятивных образований (пример последних дают шхеры у берегов Финляндии). Вдоль низменных берегов иногда наблюдаются группы многочисленных намывных островов. Таковы, например, архипелаги мелких островов у северного и северо-западного берегов Каспийского моря, близ дельты Волги, намывной деятельности которой в совокупности с береговыми течениями они и обязаны своим происхождением.

2. *Собственно континентальные шельфовые* (по терминологии А. Пенка — *самостоятельные острова мелкоморья*) — отличаются от предыдущих, главным образом, своими более крупными размерами и тем, что морфологически и генетически они не так непосредственно, и тесно связаны с береговой линией, как прибрежные. Большей частью это как бы обломки соседних континентов, сидящие на шельфе, как на цоколе. Геологически же и по устройству своей поверхности они обнаруживают, как уже отмечалось, близкое сходство с соседними континентами. Нередко они образуют большие архипелаги, примерами которых могут служить: Арктический архипелаг у берегов Северной Америки, Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Ново-Сибирские острова. Друг от друга и от материка такие острова отделяются неглубокими проливами, носящими название зундов. К этой же категории островов следует причислить Великобританию с Ирландией, Новую Землю, Сицилию, Тасманию и др.

3. *Континентальные острова глубокого моря (океанические)* — представляют возвышения, поднимающиеся из тех глубоководных частей мирового океана, которые соответствуют так называемому *материковому склону*, т. е. части морского дна, располагающейся между материковой отмелью (шельфом) и глубоководной частью моря (свыше 2500 м глубины). Надо, впрочем, оговорить, что иногда такие острова отделяются от материков морями, дно которых залегает на глубинах гораздо больших, чем 2500 м. Так, между Филиппинскими островами и юго-восточным берегом Азии в Южно-Китайском море отмечаются глубины свыше 4000 м, в Мозамбикском проливе, между Африкой и Мадагаскаром, дно местами спускается ниже 3500 м, между Новой Зеландией и Австралией до 4000 м слишком, а между Большими Антильскими островами и Юкатаном даже глубже 6000 м. Такие же громадные глубины отмечаются в пределах Зондского архипелага, между Австралией и Азией.

Многие острова глубокого моря достигают весьма крупных размеров. Вообще к ним относятся наиболее крупные острова (Гренландия, Борнео, Мадагаскар и др.). Они то разбросаны среди моря, почти изолированно, то группируются в архипелаги, иногда имеющие вид дугообразных гирлянд, обращенных выпуклостью к океану, а концами как бы подвешенных к выступающим частям материков.

Такова в особенности характерная группировка островов, как это уже отмечалось раньше, вдоль восточных и юго-восточных

берегов Азиатского материка, равно как Антильских островных дуг, отделяющих Атлантический океан от Мексиканского залива и Карибского моря.

По своему геологическому строению самостоятельные острова глубокого моря обнаруживают обычно близкое сходство с континентами. Так, Мадагаскар во многих отношениях представляет сходство с геологическим строением Африки, с одной стороны, Индостана — с другой. Острова Зондского архипелага и островных дуг западной части Тихого океана построены аналогично окраинным зонам Азиатского материка.

В образовании континентальных островов глубокого моря основную роль играли *тектонические процессы*. Мадагаскар отделяется от Африки глубоким сбросом, на месте которого теперь располагается Мозамбикский пролив, рассматриваемый некоторыми геологами даже как геосинклиналь. То же самое можно сказать об островах Канарских и Зеленого Мыса; последние отделяются от Африканского материка сбросовыми впадинами, на месте которых глубина моря в некоторых точках превышает 3500 м. Такие же сбросы обусловили возникновение островов греческого Архипелага в Средиземном море.

Дуги островов по восточной стороне Азии и в средней Америке, наоборот, повидимому, обязаны своим происхождением процессам складкообразования; они поднялись со дна океана сравнительно в недавние геологические времена (Суматра, Ява, Борнео, Целебес, Филиппины, Япония, Антильские острова и пр.). Для некоторых из океанических островов факт недавнего поднятия их из глубины моря доказывается тем, что на них находят иногда на значительной высоте над уровнем моря типичные глубоководные кайнозойские отложения (Барбадос, Никобарские острова)<sup>1</sup>.

Настоящие талассохтонные (самородные) острова можно по их происхождению разделить на вулканические и органогенные (точнее коралловые).

1. *Вулканические* острова возникают в результате извержений на дне морей и океанов. Часто они поднимаются из очень глубоких частей мирового океана и образуют над поверхностью последнего высокие горы. Таковы, например, Гавайские (Сандвичевы) острова, поднимающиеся в середине Тихого океана, где глубины доходят до 4000 м. Среди них есть вершины до 4000 м абсолютной высоты. Таким образом, они являются гигантскими вулканическими конусами, высота которых над уровнем морского дна превосходит местами 8000 м. Особенно богата вулканическими самостоятельными островами южная часть Тихого океана. Впрочем, и в других океанах (Атлантическом, Индийском) они не составляют редкости.

<sup>1</sup> Сравнительно недавнее возникновение многих островов этой категории доказывается также тем, что они и в настоящее время являются еще ареной интенсивной вулканической деятельности, как это имеет место особенно на островах, окаймляющих восточные берега Азии и на Антильских островах в Новом Свете.

2. *Коралловые (рифово-коралловые) острова.* Наиболее своеобразны и по генезису и по своим формам коралловые острова, представляющие тип органогенных сооружений.

Коралловые острова создаются в процессе жизнедеятельности некоторых групп населяющих море организмов, главным образом колоний мадрепоровых кораллов, при участии также водорослей, мшанок и др.

Строящие рифы кораллы могут жить только в прозрачной морской воде нормальной солености на глубине, не превышающей нескольких десятков метров (30—60 м), и только в таких зонах, где температура воды на поверхности не опускается ниже 20°; поэтому мы находим коралловые сооружения близ берегов континентов и островов только в теплых тропических и субтропических морях. Против устьев рек, впадающих в море, где морская вода несколько опресняется и загрязняется мутью, вносимой речными водами, кораллы жить не могут, и поэтому здесь в коралловых постройках образуются свободные открытые пространства.

Морфологически среди коралловых морских сооружений выделяют три следующих главных типа:

1) *Окаймляющие (береговые) рифы* — образующиеся в том случае, когда кораллы начинают возводить свои сооружения в мелководье, непосредственно у берега, постепенно как бы прирастая к последнему и сливаясь с ним в одну массу. Для развития коралловых полипов необходим достаточный приток кислорода, растворенного в морской воде, и питательного материала, каким является в данном случае планктон<sup>1</sup>. Естественно, что в смысле аэрации и питания в наиболее благоприятных условиях находятся части колоний, обращенные к открытому океану, так как здесь вследствие прибоев морская вода лучше перемешивается с воздушными массами и обогащается кислородом, и с этой же стороны к полипам приносятся все новые и новые массы планктона. Таким образом, рост коралловых сооружений идет наиболее быстро по наружной, обращенной к морю зоне; вся постройка постепенно выдвигается все дальше и дальше в океан, образуя современную широкую кайму вдоль берега материка или острова.

2) *Барьерные рифы* — этим названием обозначаются коралловые рифы, тянущиеся в известном расстоянии от берега материка или острова и отделенные от суши более или менее широкими пространствами открытой воды, как бы каналами, внутренней лагуной. Такого рода коралловые сооружения, в зависимости от того, обрамляют ли они континент или острова, могут иметь самые различные (в плане) протяжения и формы. Иногда они имеют характер гряд, протягивающихся на десятки километров параллельно берегу суши, и отделены от последней широким каналом. Таков самый большой из существующих барьерных рифов, сопровождающий восточный берег Австралии на протяжении около 2000 км и отделенный от материка каналом шириной от 30 до

<sup>1</sup> Напомним, что *планктоном* называют животные и растительные организмы, пассивно плавающие, взвешенные в морской воде.

140 км. Как и в окаймляющих рифах, здесь рост колоний совершается наиболее живо на внешней стороне рифа, между тем как на внутренней, обращенной к суше, колонии постепенно отмирают. Поэтому барьерные рифы, как и все другие коралловые сооружения, в сторону океана падают обычно гораздо более крутыми скатами, чем в противоположную сторону, внутрь к каналу. Кроме того, наружная сторона рифа подвержена в большей степени воздействию морского прилива. Поэтому здесь идет как бы непрерывная борьба между созидательной работой строящихся кораллов и разрушительной работой моря. Отдельные части коралловых колоний обламываются, падают на дно, измельчаются волнами в порошок; вот почему дно моря у подошвы коралловых рифов постепенно покрывается массами известкового кораллового ила.

Против устьев рек коралловые барьеры прерываются открытыми проходами.

3) *Атоллы* (лагунные острова) — встречающиеся в тропических и субтропических зонах в открытом океане. Представляют собой коралловые рифы, имеющие своеобразную форму кольцевых, кругообразных или эллиптических замкнутых образований, часто различным образом деформированных. Рифовое замкнутое кольцо редко бывает сплошным; чаще оно прерывается в одном или нескольких местах открытыми проходами, соединяющими внутреннюю часть атолла с открытым океаном. Концентрически с наружным рифом внутри иногда находится второй риф, отделяющийся от наружного неглубоким каналом, почти высыхающим во время отлива. Внутри кольца находится более или менее обширная мелкая лагуна, защищенная рифовым кольцом от океанического прилива.

Размеры атоллов могут чрезвычайно варьировать: некоторые имеют в поперечнике всего несколько километров, другие — десятки километров, и известны атоллы, достигающие в диаметре 100 км. В группе Маледивских островов в Индийском океане атолл Сувадива достигает в длину 80 км, а в ширину 65 км и равняется по площади 2100 кв. км. Глубина внутренней лагуны измеряется большей частью десятками метров, редко достигает 100 м и представляет, таким образом, находясь в непосредственном соседстве с наружным краем атолла, резкий контраст с громадными океаническими глубинами; наружные склоны атолла падают в глубь океана крутыми, иногда даже нависающими обрывами. Ширина самого рифа редко достигает 1000 м, обычно она измеряется несколькими десятками метров.

Над уровнем моря поверхность коралловых островов поднимается невысоко, на 10—15 м, так как рост собственно самих колониальных полипняков совершается только до морской поверхности. Несколько повышает эти наружные кольца деятельность прилива, набрасывающего на растущие полипняки обломки рифа и другие приносимые морскими волнами предметы.

Иногда наружное рифовое кольцо состоит, в свою очередь, из мелких атоллов кольцевидной формы, располагающихся на опре-

деленных расстояниях друг от друга и в совокупности образующих как бы венец вокруг лагуны. Таким образом, лагуна атолла имеет вид плосковогнутого мелкого блюдца с приподнятыми над океаном краями, как сказано, чрезвычайно круто падающими в морскую пучину. В то время как по периферии рифа почти всегда бушует прибой, внутренняя лагуна остается спокойной и блестит в лучах солнца, как зеркало.

Разительное зрелище, представляемое такими островами, картинно описал еще Ч. Дарвин<sup>1</sup>: «Путешественник не может, — говорил он, — не притти в изумление, когда он в первый раз видит одно из этих огромных, созданных кораллами колец, часто достигающих нескольких лье в диаметре, там и сям увенчанных зелеными островами с ослепительно белыми берегами, колец, омываемых извне пенящимися волнами океанического прибоя и окружающих пространство спокойной воды, которая в силу отражения обычно имеет блестящую, но бледно-зеленую окраску. Натуралист почувствует еще более сильное изумление, когда он осмотрит мягкие, почти студенистые тела этих, повидимому, столь незначительных коралловых полипов и когда он узнает, что твердый риф нарастает лишь с внешней стороны, где день и ночь плещут прибойные волны никогда не отдыхающего океана».

Кораллы, строящие рифы, могут жить только в теплых морях, где абсолютный годовой минимум не опускается ниже 18°. Естественно поэтому, что они приурочены преимущественно к тропическим морям и чаще всего встречаются в Тихом и Индийском океанах. В Атлантическом океане они находятся преимущественно в прилегающих к Флориде частях океана. При этом собственно атоллы особенно часты в южной части Тихого океана, где они тянутся полосой на расстоянии почти 35° широты. Передки они также и в Индийском океане.

В общем площадь океана, покрытая современными коралловыми сооружениями, составляет приблизительно 8 млн. кв. км, равняясь, следовательно, по площади почти величине Австралии<sup>2</sup>. Характерно, что у западных берегов Африки и Южной Америки коралловые рифы не встречаются. Это объясняется наличием вдоль названных берегов холодных течений — Бенгуэльского, вдоль Африканского берега, и Перуанского, вдоль берега Южной Америки.

Выше указывалось, что колонии рифовых кораллов могут возводить свои постройки только на дне мелкого моря — не глубже 60 м, в крайнем случае 90 м. Между тем исследование наружных обрывов обращенных к океану барьерных и атолловых рифов уже давно показало, что они сложены коралловыми отложениями на большую глубину, во всяком случае в несколько сот метров, т. е. на глубину, далеко превосходящую ту, на которой

<sup>1</sup> Ч. Дарвин, Строение и распределение коралловых рифов, перев. со второго издания Л. Ш. Давиташвили и М. П. Калевич. Чарльз Дарвин, Соч., т. 2, перев., Госиздат, М. 1936, стр. 293.

<sup>2</sup> Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, B. II, T. I, 7-e Auflage Berlin—Leipzig 1930, § 270.

могут жить рифовые кораллы. Чтобы объяснить указанное явление, Дарвин уже давно предложил теорию, по которой барьерные рифы и атоллы образуются на медленно опускающихся участках океанического дна.

Представим себе возвышающийся среди океана остров, например вулканический конус. На склонах его, на небольшой глубине, ближе к берегам, кораллы начнут возводить свои сооружения, которые вскоре поднимутся до уровня моря, — образуется береговой окаймляющий риф. Новые генерации кораллов, как мы уже знаем, нарастают преимущественно на наружной стороне рифа. Если дно океана вместе с островом начнет медленно опускаться, кораллы будут иметь возможность параллельно с опусканием надстраивать верхушку рифа с наружной стороны, между тем как на опускающейся вглубь внутренней части они будут постепенно отмирать; береговой окаймляющий риф, таким образом, с течением времени превратится в барьерный. При дальнейшем опускании, когда под водой скроется вся центральная, сложенная коренными породами часть острова, барьерный кольцевой риф превратится в атолл (рис 185).

Таким образом, теория Дарвина связывает в один непрерывный генетический ряд все три типа коралловых сооружений, считая их стадиями одного и того же процесса.

Теория Дарвина быстро распространилась в науке и долгое время являлась господствующей. Но уже вскоре после ее появления против ее приложимости ко всем коралловым сооружениям рядом ученых были выдвинуты возражения и предложены иные объяснения. Действительно, известны острова, на которых коралловые сооружения находятся высоко над уровнем моря, так что здесь приходится допустить не опускание литосферы, а наоборот, повышение ее по отношению к уровню моря. Наличие обширных береговых рифов точно так же свидетельствует скорее в пользу стабильности данных участков литосферы.

Такие примеры, а их известно немало, во всяком случае, подрывают универсальное значение теории Дарвина<sup>1</sup>.

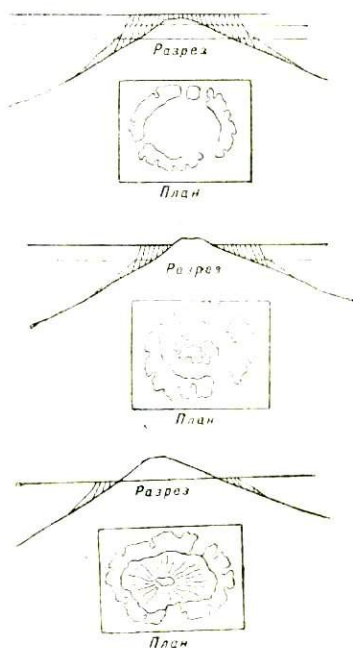


Рис. 185. Схема образования атоллов.

<sup>1</sup> Теория Дарвина была позже развита и поддержана известным американским геологом Дэна.

Известный океанограф Меррей в 1880 г. предложил иное объяснение происхождения атоллов. По его мнению, для их образования необходимой предпосылкой является наличие мелководных банок, которые, в свою очередь, образуются в различных частях мирового океана в результате действующих на дне моря вулканических или тектонических сил. На таких банках сначала развивается богатая донная фауна, и таким образом накапливаются массы органогенных осадков, постепенно повышающих ее поверхность. Когда глубина моря над банкой, в конце концов, достигает известного предела, на ней начинают селиться строящие рифы кораллы. Их колонии особенно пышно разрастаются по краям банки, между тем как на внутренней стороне последней происходит постепенное растворение накапливающихся здесь известковых отложений. Так возникают атоллы самостоятельно, минуя предварительную стадию берегового или барьерного рифа.

Александр Агассиц для барьерных рифов архипелага Фиджи и Гардинер для островов Индийского океана (Маледивского и Лаккедивского архипелагов) приняли несколько иное объяснение. Они допускают, что вследствие морской абразии вокруг этих островов образовались на глубинах около 30 м абразивные платформы, на краях которых указанным выше образом и развились рифовые сооружения. Но надо заметить, что ни теория Меррея, ни теория Агассица и Гардинера не объясняют удовлетворительно коралловых сооружений, уходящих на большую глубину. Для проверки теории Дарвина в начале текущего столетия были произведены глубокие бурения на атолле Фунафути (в группе островов Эллис, в южной части Тихого океана), начатые под руководством известного английского геолога Солласа и продолженные Давидом. Скважина достигла глубины около 334 м и как будто дала подтверждение теории Дарвина, так как до самого низа шла по коралловым гонцам. Но Дэли подвергает сомнению правильность такого толкования. Ссылаясь на детальное описание результатов бурения Хайндом, он утверждает, что начиная с поверхности только до глубины 45,7 м, материал в скважине состоял из кораллового вещества. Ниже 45,7 м только 6,7 представляют, несомненно, твердое коралловое вещество; в остальном 202 м состояли, главным образом, из смеси обломочного материала и фораминифер, а 85 м из такой же смеси, но с примесью незначительных масс кораллов. Но даже если признать основательность замечаний Дэли, все же нельзя отрицать, что результаты бурений на Фунафути являются в общем благоприятными для теории Дарвина.

Дэли выдвинул новую заслуживающую серьезного внимания теорию происхождения коралловых островов. По его мнению, все эти острова, равно как вообще все другие коралловые рифы, представляют образования с геологической точки зрения молодые, возникшие в последледниковое время. В ледниковый период уровень мирового океана должен был стоять ниже современного и ниже того, на каком он стоял в третичное (доледниковое) время, так как твердые снеговые осадки ледников получились за

счет испарения морской воды. Третичные коралловые сооружения должны были в это время погибнуть в силу ухудшения климатических условий, а самые острова и прибрежные части суши подверглись абразии до глубин в 30—50 фатомов<sup>1</sup> (английских сажен). По расчетам Дэли, при допущении мощности четвертичных ледников в 914, 1097, 1219 и 1524 м уровень океана должен был соответственно понизиться на 38, 45, 50 и 63 м. После того как ледники начали таять, уровень океана стал повышаться, вместе с тем улучшились климатические условия и образовавшиеся в результате абразии в ледниковое время подводные отмели стали постепенно заселяться кораллами, таким образом, можно объяснить тот факт, что многие рифы уходят своими основаниями довольно глубоко в море.

Следовательно, отличие теории Дэли от теории Дарвина заключается в том, что она принимает за основную причину своеобразия форм и роста коралловых сооружений вместо движений земной коры эвстатические колебания морской оболочки. Но объяснение Дэли, кроме того, что оно является чисто умозрительным, точно так же приложимо далеко не ко всем случаям и не объясняет вполне удовлетворительно всех форм коралловых сооружений, хотя тот фактор, на который он обратил внимание, вне всякого сомнения мог сыграть важную роль в формировании рифов. Повидимому, комбинация тех или иных движений литосферы и океанической оболочки с воздействием береговых течений, также влияющих, несомненно, на рост коралловых полипняков, и с условиями жизнедеятельности и развития самих кораллов должна быть учитываема в каждом отдельном случае для объяснения происхождения того или иного острова. Но как бы то ни было, теория Дарвина отнюдь не может быть признана утратившей свое значение в настоящее время, и в целом ряде случаев она дает наиболее вероятное научное объяснение интересующего нас здесь явления.

### Общие замечания о значении изучения морфологии островов.

Изучение группировки и морфологии островов имеет первостепенное значение с точки зрения морфотектонического анализа. Мы видели только, что, как Дарвин гениальным образом пытался связать особенности морфологии коралловых сооружений с решением проблемы о характере колебаний земной коры. Но для суждений о тектонических структурах и движениях литосферы ценнейшие указания могут дать не только коралловые острова, но и многие вулканические — континентальные и прибрежные.

Гавайские острова, вытянутые по прямой линии с северо-запада на юго-восток на протяжении около 1800 км, подчеркивают своим расположением крупнейшую тектоническую линию, скрытую от глаз наблюдателей под оболочкой Тихого океана. Гир-

<sup>1</sup> Фатом = 6 англ. фут.; 1 англ. фут = 0,3048 м.

ланды островных дуг по Восточно-Азиатскому побережью, равно как дуги Антильских и Южных Сандвичевых островов, точно так же обрисовывают своим расположением на поверхности океана громадные тектонические структурные линии, связанные с формированием молодых складчатых горных цепей. Бесчисленные архипелаги вулканических островов в южной части Тихого океана являются бесспорным свидетельством крупных движений и, вероятно, значительных эпейрогенических колебаний в этой части земного шара. Точно так же изучение морфологии ряда арктических островов, например островов Новой Земли с их замечательными береговыми формами, как это показали работы наших ученых, привело к выводу, что в Арктике литосфера и сейчас совершает весьма ощутительные эпейрогенические движения. Мы видели, кроме того, что и для суждений об эвстатических колебаниях уровня океана, связанных с прошлыми изменениями климата, исследование островов может доставить чрезвычайно важные данные<sup>1</sup>. Отсюда ясно, какие глубокие и важные научные проблемы связаны с исследованием тех сравнительно небольших участков суши, которые называются островами.

### Острова на озерах.

Острова на озерах по своему происхождению почти всегда относятся к *континентальным*. Весьма часто они представляют аккумулятивные образования, реже состоят из коренных пород, представляющих по своему геологическому составу и строению повторение тех частей материков или островов, на которых расположены озера. Таков, например, остров Ольхон на Байкале, остров Royale на Верхнем озере в США и некоторые другие острова на Великих Северо-Американских озерах и т. д. Иногда происхождение таких островов бывает связано с тектоническими причинами, иногда с деятельностью древних ледников, иногда, наконец, и притом очень часто, с наносной деятельностью впадающих в озера рек и т. д. Весьма редки случаи, когда на озерах возникают острова в результате вулканических процессов (как на озере Илопанго в Сальвадоре в 1880 г.) или вследствие извержения подземных газов, как это имело место на острове Свинном в Каспийском море. В последних случаях приходится говорить о таких же *автогенных* островах, как и при вулканических морских образованиях подобного рода. Только категории органогенных коралловых островов, само собой разумеется, не может встречаться не только на пресноводных, но и на соленых озерах и вообще на внутриконтинентальных водных бассейнах.

### Острова на реках.

Речные острова большей частью состоят из аллювиальных наносов, реже из коренных пород, слагающих местность, по которой

<sup>1</sup> Мы не касаемся здесь той роли, какую играют острова в расселении по земле организмов и в видообразовании.

протекает река. В последнем случае они чаще всего слагаются наиболее стойкими против размыва породами. Аллювиальные острова на реках отличаются своей изменчивостью: с течением времени они нередко меняют свои очертания, а иногда и нацело смываются. Часто параллельно с размывом, которому подвергается обращенный вверх по течению конец острова, идет наращивание его на противоположной, обращенной вниз по течению оконечности. Речные острова образуются в тех местах, где условия течения благоприятствуют задержке наносов и их накоплению, например, в местах, где река, бывшая до того суженной в одно русло, сразу расширяется, благодаря чему переносная сила ее ослабевает, или у каких-нибудь препятствий — карчей, камней и т. п.

В жизни местного населения, как например, на многих крупных реках Сибири, острова играют важную роль, как превосходные покосные угодья (на Енисее, Амуре, Лене и др.); местами из слагающих их наносов добывается рассыпное золото (например, на Енисее и его притоках). В руслах рек, протекающих по лесистым местностям, на мелководьях нередко образуются громадные скопления плавника, иногда перегородивающего реки на протяжении сотен метров и даже километров (многие таежные реки Сибири).

---

## ВЛИЯНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ НА РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА.

Выше была выяснена та первенствующая роль, какую играет в определении пластики земной коры работа экзогенных агентов. Так как действие последних зависит от совокупности господствующих в той или иной области метеорологических условий, т. е. от климата, то уже а priori можно ожидать известной *зональности* в распределении характерных черт морфологических ландшафтов на земле, потому что в различном удалении от экватора и на различных гипсометрических уровнях условия распада горных пород под влиянием выветривания, условия денудации и накопления должны быть существенно различными как в смысле интенсивности тех или других явлений, так и в смысле преобладания в моделировке поверхности земной тех или иных агентов.

В одних зонах преобладающее влияние на расчленение земной поверхности принадлежит проточным водам, в других — твердым атмосферным осадкам, в третьих — эоловым агентам, в четвертых — явлениям химического или морозного выветривания горных пород и т. д. Это обстоятельство дает известное основание говорить о полярных, тундровых, пустынных, степных, лесных и тому подобных зонах. Сказанное не исключает, само собой разумеется, того, что в каждой отдельной зоне могут наблюдаться и в действительности наблюдаются весьма существенные осложнения и отступления от правильной зональной группировки, обусловливаемые особенностями геологического состава и строения (например, карстовые ландшафты в различных зонах, вулканические сооружения в различном удалении от экватора и т. п.), прошлыми особенностями климата (например, ледниковые ландшафты в экваториальных зонах и пр.). Но все же и в этих случаях географическая зональность дает себя чувствовать в тех или иных чертах рельефа: так, например, карстовые формы в пустынных странах все же характеризуются некоторыми специфическими чертами, отличающими их от карста более влажных областей; ледниковые ландшафты в субтропических и тропических странах нигде не получают той доминирующей в ландшафте роли, какая присуща им в умеренных и полярных зонах, и т. д.

При описании отдельных типов ландшафтов (см., например, выше о равнинах) мы уже отмечаем те специфические особенно-

сти, какие связаны с их положением в той или иной географической зоне. Здесь мы коснемся лишь в общих чертах тех особенностей отдельных климатических зон, которые имеют существенное значение для формирования морфологического ландшафта, не ставя себе задачей вдаваться в более детальный их анализ.

Подробная классификация климатических зон, предложенная Келпеном<sup>1</sup>, для нашей цели здесь была бы менее удобна, чем та, которая была дана в свое время А. Пенком, так как последняя базировалась, главным образом, на гидрологическом принципе, что имеет основное значение для расчленения земной поверхности. Но и пенковскую классификацию мы несколько упростим, примерно, как это сделал Бюлов<sup>2</sup> в своей работе об аллювии.

### Краткая характеристика главных морфологических зон.

1. Полярная (нивальная) зона. Температура круглый год держится ниже 0°. Осадки выпадают почти исключительно в твердом виде (снег, иней). Работа проточных вод фактически сведена к нулю. Денудация имеет характер площадного сноса материала действием движущихся ледников. Аккумулятивные снежные образования и ледники играют решающую роль в формировании как макрорельефа, так и мезорельефа и микрорельефа. Нагорные снежные равнины (внутренние части Гренландии и Айтартики), обширные фьельды, ледниковые островные шапки (Земля Франца-Иосифа, Северная Земля и др.), мощные ледниковые пологи (ледник Караяк в Гренландии, ледники Шпицбергена, Бердмор в Антарктике и пр.), навесные ледники в береговых зонах (ледниковые наметы), слитные ледники типа предгорных ледников (широко распространены в Антарктике), ширококонечные ледники, ледниковые барьеры (Россов барьер в Антарктике) и т. п. определяют собой наиболее разительные, в других зонах совершенно не встречающиеся в таком сочетании ингредиенты морфологии. Характерными чертами всех этих форм являются устойчивость их внешних очертаний при подвижности слагающих их масс вещества (снега и льда) и зависимость этих форм от термических условий. К мезоформам и микроформам данной зоны относятся возникающие на поверхности фирновых и ледниковых масс неровности (провалы, трещины, ледяные бугры, заступы и т. п.). На оголенных от снежного и ледникового покрова участках суши, сплошь и рядом несущих яркие следы былой обработки ледниками, главную роль в настоящее время в формировании рельефа играют процессы морозного выветривания и, следовательно, интенсивного физического распада горных пород, а также формы, связанные с присутствием вечной мерзлоты (каменные многоугольники, солифлюкция. Отсюда высокогорные формы рельефа даже на сравнительно невысоких горных возвышенностях (Грен-

<sup>1</sup> Кёппен, Die Klimate der Erde.

<sup>2</sup> Kurd von Bülow, Alluvium, Berlin 1930.

ландия, Шпицберген, северный остров Новой Земли, Антарктика). В периферических береговых зонах характерны своеобразные типы долин (фиорды), нагромождения моренного и флювиогляциального материала, равно как серии резко выраженных, нередко расположенных на большой высоте береговых террас, свидетельствующих об энергичных эпейрогенических колебаниях суши большой амплитуды в четвертичное время.

2. Тундровая зона (занимает от 5 до 6 млн. кв. км). Температура (средняя) самого теплого месяца не поднимается выше  $10^{\circ}$ . Почва находится в мерзлом состоянии, что обуславливает широко распространенные в связи с этим явления местного вспучивания грунтов, образования полигональных грунтов и мозаичных (ме-

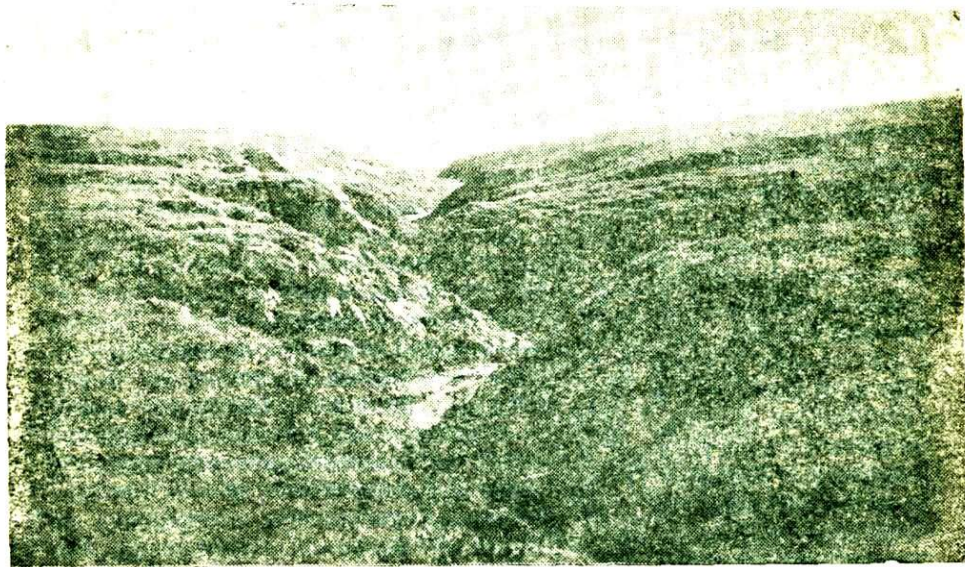


Рис. 185. Остров Лизостах. Овраг на месте выходов каменного льда.  
(фото А. П. Гусева)

дальонных) почв. Преобладают физические факторы почвообразования. Слабое развитие или местами даже полное отсутствие растительного покрова благоприятствует дефляции и образованию эоловых отложений (полуостров Ямал) и некоторых других форм рельефа (например, останцов), напоминающих пустынные страны (Шпицберген). Важную роль в формировании рельефа играют процессы солифлюкции, движения мовичных накоплений продуктов выветривания коренных пород — горнокаменных масс, среди которых преобладают остроугольные обломки. Проточные воды, пополняемые за счет таяния снеговых масс, играют сравнительно второстепенную роль, а в связи с этим и роль водной эрозии в моделировке рельефа отступает на второй план. Широко распространены явления торфообразования, причем характерно, что тор-

фообразование идет не за счет зарастания озер, а, главным образом, за счет развития заболоченных участков на суше. Крупные реки тундровых зон большей частью берут свое начало в более южных областях<sup>1</sup>. Аккумулятивные образования в тундровых



Рис. 187. Правый берег р. Лены в устье. Турнейские известняки (фото А. И. Гусева)

зонах представлены, главным образом, ледниковыми, флювиогляциальными отложениями и продуктами отмеченных выше движущихся по мерзлым грунтам накоплений горнокаменных масс (солифлюкция).

<sup>1</sup> Тундровая зона развита, главным образом, в северном полушарии.

В тех районах тундровой зоны, где в почве находятся слои так называемого *ископаемого каменного льда* (на Ново-Сибирских островах, вдоль арктического побережья Сибири), наблюдаются своеобразные формы, которые Ермалов характеризует как *скульптурный термический ландшафт*. Для последнего характерны:

1. *Болгуньяхи* — холмы, сложенные каменным льдом.
2. *Байджерахи* — земляные конусы от 0,5 до 15 м высотой.
3. *Алы* — плоские низины, иногда совершенно замкнутые, со всех сторон окруженные болгуньяхами, или хребтиками из каменного льда.

Байджерахи по происхождению можно подразделить на:

1) *бугры* — образовавшиеся вследствие → ← морозного вспучивания;

2) *конусы* — представляющие последнюю стадию разрушения ледниковых столов;

3) *размытые дайки земляных пластов* — вытаявших из каменного льда, в который они были включены.

В Якутии области распространения вечной мерзлоты местами уседаны многочисленными озерами, котловины которых



Рис. 188. Бухта Тикси. Эоловое выветривание пермских известковистых песчаников (фото А.И. Гусева)

образовались в результате таяния подпочвенного льда или мерзлых грунтов и оседания верхних слоев грунта.

Областям распространения вечномерзлых грунтов свойственны, кроме того, некоторые специфические формы, встречающиеся, впрочем, также и в тех частях более южных зон (лесной и даже лесостепной), где почва находится в мерзлом состоянии. Путешественниками многократно описывались весьма частые в зонах вечной мерзлоты бугры вспучивания то округлой, то продолговатой формы, носящие в Якутии название «болгуньяхи», о которых было только что сказано.

Н. И. Толстухин<sup>1</sup> описал для Забайкалья под названием *гидролакколитов* (рис. 90) такие бугры вспучивания, которые под слоем почвы содержат линзы льда и воды. По описанию автора, «образование таких бугров происходит зимой. Промороженный

<sup>1</sup> Толстухин, Н. И. Подземные воды Забайкалья и их гидролакколиты, Академия наук СССР, Труды Комиссии по изучению вечной мерзлоты, т. I.

зимними холодами слой почвы под влиянием гидростатического, а в некоторых случаях и гидродинамического давления со стороны притекающих подземных вод и свойственной мерзлоте грунту пластичности, приподнимается. Вода скапливается в виде линзы и продолжает расширять возникшее пространство вверх и в стороны. Так постепенно возникает бугор, представляющий как бы опрокинутый ледяной коллак, в строении которого принимают участие замороженная почва, под нею — лед, глубже — водяная линза» (рис. 191).

3. Лесная зона умеренного пояса — отделяется от тундровой зоны промежуточной переходной тундрово-лесной зоной. В лесной зоне роль проточных вод, а следовательно, и водно-эрозийных процессов приобретает уже значение фактора первостепенной важности для формирования рельефа, но густой и связный растительный покров предохраняет почву от слишком сильного расчленения.

Явления дефляции и процессов эолового накопления большей частью совершенно отсутствуют, и если наблюдаются, то лишь спорадически на побережьях более крупных водных бассейнов или по берегам рек. Широко распространены явления заболачивания,

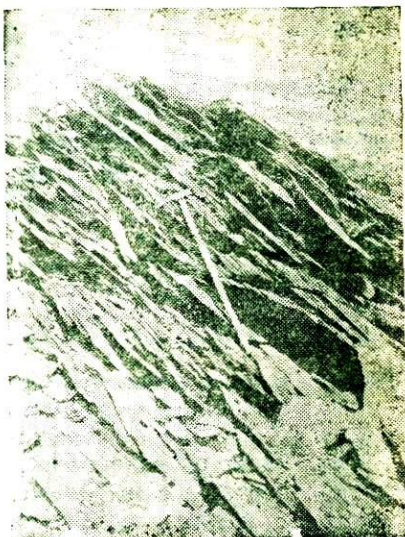


Рис. 189. Северный Хараулах. Кливаж и рассланцевание пермских сланцев. (фото А. И. Гусева)

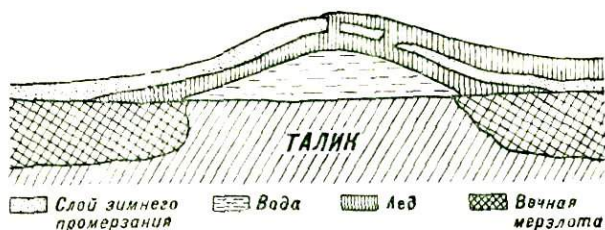


Рис. 190. Образование надземной наледи из бугра (по Н. И. Толстихину).

зараствания озер и торфообразования, ведущие постепенно к нивелированию второстепенных неровностей рельефа.

В лесных поясах северного полушария обширные пространства заняты типичными ландшафтами древнего оледенения (холмистые моренные ландшафты, конечно-моренные гряды, зандровые площади, флювиогляциальные равнины и т. д.). В долинах второсте-

пленных рек нередко подпруды русла, обусловленные накоплением древесных стволов (заломы). Современные ледниковые ландшафты и связанные с интенсивным морозным выветриванием альпийские формы приурочены только к верхним ярусам (выше снеговой линии) горных возвышенностей среди лесных зон.

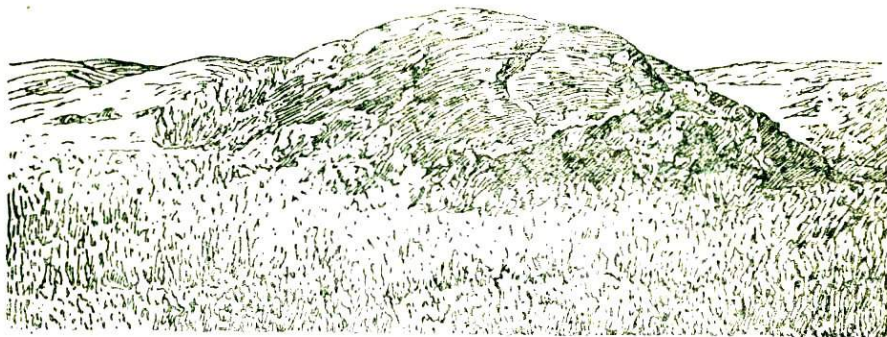


Рис. 191. Бугор с ледяным ядром на тундровом болоте. Большая Канинская тундра (по Поле).

Что касается почвообразовательных процессов, то наиболее типичной чертой их здесь является оподзоливание подпочвенных горизонтов, а также развитие лесных и болотных почв.



Рис. 192. Быковский полуостров „Береговые байджеяхи“ (фото А. И. Гусева)

4. Степная зона умеренного пояса — связанная с предыдущей незаметными переходами через промежуточную лесостепную зону, или вернее, подзону. Характеризуется резко выраженными колебаниями климата — от полярного (в зимнее время) до полупустынного субтропического (летом). Почвенный покров пестрый в зависимости от мезорельефа и микрорельефа, обуславливающих различную степень увлажнения и различия в распределении растительного покрова. Отсюда пестрота и в самом ходе

эволюции рельефа. Весьма часты отрицательные мезоформы и микроформы (западины, блюдца, котловины), обусловленные процессами суффозии, почвообразовательными процессами (оподзоливанием), карстовыми явлениями, или наконец, эоловыми агентами.

Процессы расчленения долинами в равнинных и низменных степях играют второстепенную роль, в более возвышенных густота долинной сети чрезвычайно возрастает. Древнеледниковые формы, как правило, или совершенно отсутствуют, или встречаются крайне редко и не выражены отчетливо (размыты). Часты сухие (безводные) долины типа балок и оврагов. Обширные площади заняты лёссами, и в таких областях характерны густые сети овражных долин, быстро растущих, если не ставить этому росту искусственных преград. Аккумуляция происходит, главным



Рис. 193. О. Муостях. Повальная долина на месте погребенного каменного льда, при входе в бухту Тикси. (фото А. Ш. Гусева)

образом, за счет переноса аллювиального материала и за счет органических процессов (зарастание озерных водоемов). Роль эоловых агентов становится значительной — особенно в сухое время года — ранней весной и поздней осенью, когда травянистый связанный растительный покров выгорает от действия солнечных лучей или искусственно истребляется человеком. Явления дефляции и переноса рыхлого мелкоземистого материала приобретают в это время известное значение в преобразовании рельефа. Песчаные аккумулятивные эоловые отложения нередко занимают значительные пространства и приурочиваются преимущественно к бережьям озер или к речным долинам. Бессточные впадины различных размеров, то сухие, то заполненные водой (нередко засоленной), придают некоторым областям степных районов черты сходства с полупустынными странами, чередуясь с проточными озерами и вообще с местами, имеющими периферический сток.

Разумеется, все эти черты ступенчатываются там, где среди степей появляются возвышенности, в пределах которых географическая широтная зональность уступает место вертикальной зональности.

5. Пустынная зона — отделяющаяся от предыдущей переходной полупустынной подзоной. Характерные особенности климатического режима и других, тесно связанных с последним физико-географических условий сводятся вкратце к следующему.

Крайняя сухость климата выражается в ничтожных количествах атмосферных осадков и большой испаряемости. Дожди редки и имеют большей частью характер катастрофических ливней. Уровень грунтовых вод стоит глубоко и подвержен сильным

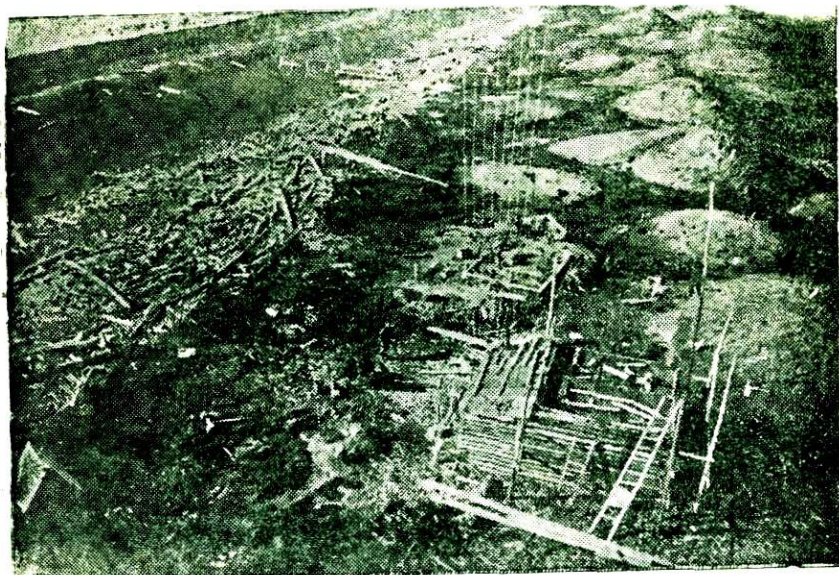


Рис. 194. Рядовое расположение „Байджеяхов“ О. Муостах (район ст. Тикси).  
(фото А. И. Гусева).

колебаниям. Температуры воздуха подвержены резким и сильным колебаниям, что создает благоприятные условия для возникновения энергичных воздушных течений. Связный растительный покров обычно отсутствует. Преобладающее значение в грунтах имеют процессы физического и химического выветривания, между тем как почвы в настоящем смысле этого слова почти не образуются. Большое значение приобретают широко распространенные явления засоления растворами, поднимающимися из глубинных горизонтов грунтов по капиллярным трещинам, в силу испарения почвенной влаги в часы нагрева солнечными лучами. Те же причины обуславливают образование защитных корок и накопление солей во впадинах. В связи со всем сказанным доминирующую роль приобретают идущие в широком масштабе процессы распада коренных горных пород под влиянием указанных выше причин, накопления несортированного элювиального материала в благо-

приятных для этого местах, площадной денудации и связанного с этим площадного сноса накопившихся продуктов выветривания бурными потоками, возникающими в результате редких ливней. В бессточных впадинах, куда сносится этот материал бурными потоками и оканчивающимися в них слепо реками, постепенно, таким образом накапливаются громадные толщи плохо сортированных щебнево-песчаных масс, перемежающихся с илистыми и соленосными прослоями. Холмы и даже значительные горные возвышенности таким путем нередко заносятся вплоть до своих высших горизонтов, как бы тонут в продуктах своего собственного распада. В плоских впадинах и понижениях между возвышенностями таким же путем идет накопление мелкоземистого материала (пролювия) и создаются такырные пространства (плайи).

Эоловые агенты (дефляция) играют первенствующую роль в преобразовании рельефа, создавая как деструктивные, так и ак-

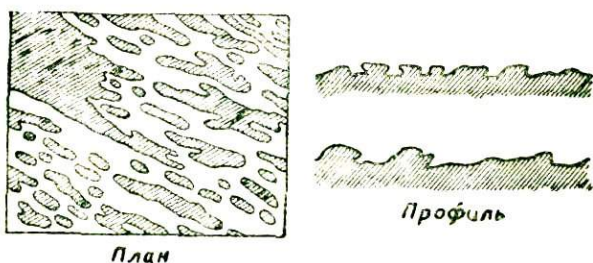


Рис. 195. Ярданги в пустыне (по Свен Гедину).

кумулятивные формы: дефляционные останцы, ячеестое выветривание на поверхности скал, грибообразные скалы, полированные поверхности коренных горных пород, пустынные треугольники (дрейкантеры), борозды дефляции и коррозии (ярданги) (рис. 195) барханы, разнообразные дюны и пр.

Настоящие долины сравнительно редки и принадлежат преимущественно рекам, берущим начало за пределами пустыни. Большинство других долин представляет преобразованные эоловыми агентами эрозионные борозды с крутыми или отвесными склонами и такими же замыканиями (уади). Для них характерны отсутствие общих или общего (по терминологии В. П е н к а — *абсолютного*) базиса, эрозии, полная замкнутость верховья, лабиринтообразный тип ветвления долинной системы, приуроченность устьевых частей к бессточным впадинам, благодаря чему базис эрозии с течением времени повышается. Если в пустынной области вынос материала эоловыми агентами преобладает над привносом, то при соответственных условиях геологического состава получают пустыни щебневые или каменные. В иных условиях при обилии мелкого песчаного материала, доставляемого выветриванием горных пород — гранитов, песчаников и т. п. — или аллювиальными наносами, возникают, если этому благоприятствует коренной рельеф, аккумулятивные песчаные образования (барханные, бугристые, грядовые пески). Отличительными чертами таких песчаных

пустынь являются подвижность и более или менее быстрая изменчивость всех элементов рельефа в зависимости от воздушных токов.

Пустынные страны на земном шаре занимают обширные пространства, в особенности на Азиатском и Африканском континентах (Сахара, Аравийские и Иранские пустыни, пустыни Средней и Центральной Азии, пустыня Тар в Индии). Громадные площади заняты ими и в СССР, где преимущественно в азиатских частях Союза мы имеем как щебневые, так и каменистые и песчаные пустыни. По размерам занятых ими площадей первенствующее место у нас принадлежит песчаным пустыням по низовому Поволжью, в Закаспии, в Приаралье, в Туркменской ССР, в Каракалпакской АССР и др. (рис. 196).

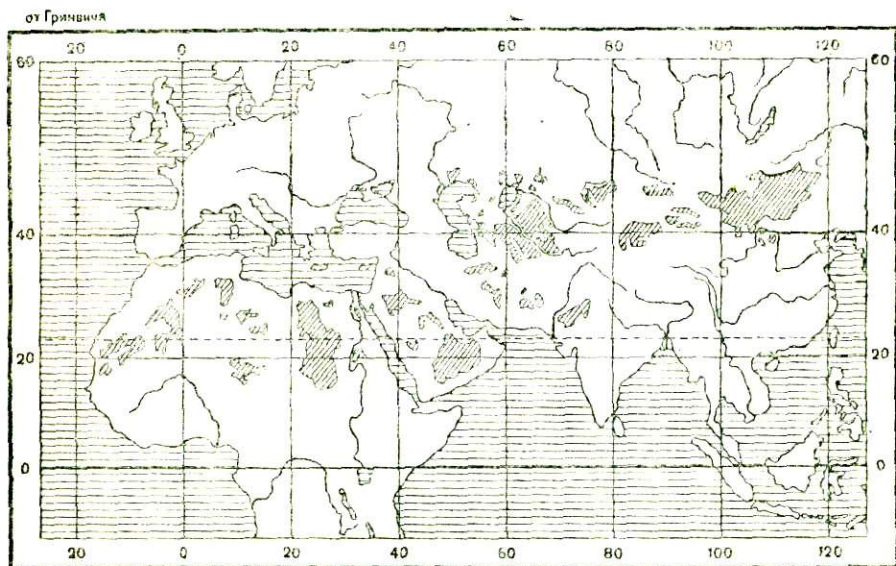


Рис. 196. Распространение песчаных пустынь в Старом Свете (по Свен Гедину).

Л. С. Берг различает по рельефу среди наших песчаных пустынь ровные или почти ровные и холмистые.

*Ровные* песчаные пустыни (или *песчаные степи*), повидимому, возникают в результате развевания и закрепления растительностью барханных песчаных степей. Они известны у нас в Приаралье, по низовому Поволжью, в Закаспии.

Среди холмистых песчаных пустынь можно выделить:

1) *Дюнные* — приуроченные более или менее к непосредственному соседству берегов Каспийского и Аральского морей.

2) *Барханные* — сложенные сыпучими песками, почти лишенные растительности; это собственно основной тип материковых песчаных образований. Главные области их распространения отчасти низовое Поволжье, но в особенности закаспийские равнины.

3) *Скопления песчаных холмов* — без определенной формы, почти всегда покрытые в течение большей или меньшей части года

растительностью. Они могут получаться или в результате закрепления барханов, или же вследствие развевания двух других типов песчаных накоплений, (например, аллювиальных песков) или, наконец, путем раздувания коренных песчаных грунтов. Развиты по низовьям Днепра («калешковские» пески), по низовому Поволжью, где носят название *кочугур*, или *кучугур*, равно как в приаральских Кара-кумах, где называются *конгр-кум*.

4) *Грядовые пески* — представляющие в сущности лишь разновидность бархатных пустынь, от которых отличаются только преобладанием полисинтетических, сдвинутых в гряды барханов. Главная область распространения — закаспийские равнины.

Решетчатый тип песчаных пустынь был описан Свеном Геденом в центральной Азии, о чем уже упоминалось раньше.

Песчаные пустыни отнюдь не следует представлять себе совершенно лишенными растительности. Так, в наиболее обширной у нас области песчаных образований в Закаспии — в Кара-кумах — наряду с пространствами обширно развитых барханных песков на восточной окраине Кара-кумов и к югу от Келифского Узбоя, совершенно не закрепленных растительностью, имеются и песчаные степи, на значительных участках своей площади закрепленные растениями, среди которых преобладает хаман (*Capsella elliptica*). Точно так же и грядовые пески, распространенные в северо-западной части Кара-кумов, представляются в значительной степени заросшими и закрепленными.

В. А. Дубянский дал очерк растительности наших песчаных пустынь, из которого видно, как она разнообразна по своему составу и как варьирует даже на небольших расстояниях. «В соседних песках, — говорит он, — а часто на одном и том же песчаном пространстве можно встретить переходы от совершенно голых песков с редкими единичными растениями, занимающими ничтожную часть поверхности, до густого растительного покрова, почти закрывающего песок, или от чрезвычайно оригинальных по своему строению и биологическим и экологическим свойствам специально песчаных видов и даже родов с резко выраженными ксерофитными признаками до таких гидрофитов как наши обычные тростник, камыш, рагоза и пр.»

На сыпучих (барханных) песках одними из первых поселяются кустарники из рода *Calligonum*, затем сухой боб (*Smirnovia turkestanica*), который достигает величины куриного яйца, *Astragalus Lehmannianus* Bge, *Elymus sabulosus* MB (куяк) и пр. По мере разрастания этих растений занятые ими части песков теряют свою подвижность, и, таким образом, мало-помалу отдельные части барханных песков начинают превращаться в бугристые пески. С дальнейшим прогрессом зарастания получают типичные бугристые, уже закрепленные пески. При этом в бугристых песках южных районов пустынных областей Средней Азии флора влажных котловин выдувания резко отлична по своему составу от флоры бугров. В то время как в первых, по причине большей влажности, иногда и присутствия воды, на поверхности мы находим таких гидрофитов, как камыш (*Scirpus lacustris* L.), тростник

*Phragmites communis Trin*), рагоза (*Typha*) и пр., которые по самой своей природе не могут распространяться за пределы этих котловин и в случае засыпания последних барханскими песками гибнут, за исключением весьма живучего тростника; на буграх появляются сначала виды *Calligonum*, о которых уже говорилось выше, а вслед за ними, по мере уменьшения подвижности песков, поселяются кустарники *Eremospartion aphyllum Fisch*, представитель *Ammodendron* — астргал и, наконец, саксаул (*Haloxylon Ammodendron Bge* — единственное «дерево» пустыни, достигающее почти  $\frac{2}{3}$  м в диаметре и 6—8 м в высоту и появляющееся, вопреки распространенному мнению, только на мало подвижных песках. К перечисленным растениям присоединяются некоторые травянистые растения (злак *Aristida pennata Trin*), песчаная полынь (*Artemisia modora Schr.*), *Art. santolina Schr.*, некоторые виды хондриллы *Chondrilla pauciflora MB* и др.), гелиотропы и пр., а когда пески окончательно утратят свою подвижность, поселяются обычные обитатели глинистой пустыни, как, например, *Sal-sola arbuscula* (из семейства солянковых) или кустарничек *Atraphaxis lanceolata MB* (из семейства гречишных). В конце концов таким путем подвижные барханные пески зарастают настолько, что их первоначальную природу становится трудно распознать.

Еще дальше идет процесс зарастания в более северных районах Средней Азии, где влажность еще больше и где поэтому к травянистой растительности присоединяются кусты некоторых видов ив: *Salix acutifolia Wild*, *S. ledebouriana Frantv.*, а также деревья лоха (*Eleagnus angustifolia MB*), так что на песках вырастают целые рощицы.

В бугристых песках, достигших почти полного закрепления, благодаря процессу самозарастания, начинается, однако, известного рода регрессивная стадия в развитии. Развитие сравнительно густого растительного покрова ведет мало-по-малу к естественному уменьшению влажности песков, что влечет за собой постепенное вымирание представителей заселения подвижных песков, в том числе и саксауловых зарослей; вместе с тем начинает меняться и состав растительности, и этот процесс идет параллельно с изменением рельефа в сторону его сползания; песок, сносимый ветрами с вершин, навевается в понижения, где он связывается густой растительностью. С течением времени бугристые пески превращаются в песчаные равнины или в песчаные степи, где создаются более благоприятные условия для почвообразования (по типу своему приближающиеся к почвообразованию степей), развивается растительность (*Festuca ovina*, *Triticum desertorum*), представленная преимущественно злаками и некоторыми характерными для степей кустарниками (например, *Ephedra vulgaris*), а иногда даже такими растениями, которые ничего общего с песчаной растительностью не имеют (например, жимолость — *Lonicera tatarica* и др.).

Таким образом, по мнению Дубянского, возможно выделить следующие стадии в развитии материковых песчаных образований Средне-Азиатских и вообще внутренних частей СССР:

1) *Пески in statu nascendi* — пространства, где наблюдаются начальные стадии раздувания пород или вообще материала, дающего происхождение материковым пескам.

2) *Барханные пески* — настолько высокие и подвижные, что на них еще невозможно развитие растительности (Кара-кумы по берегу Аму-Дары, пески Ак-Тюбе на Мангышлаке, южная, часть Больших Барсуков и пр.). Эта стадия характеризуется постепенным накоплением влаги в почве, благодаря чему в понижениях между барханными грядами пресную воду бывает возможно доставать уже на небольшой глубине.

3) *Бугристые пески* — занимающие в Средней Азии наиболее обширные пространства; с точки зрения культурно-экономической, играющие наиболее важную роль, как места с наилучшими условиями увлажнения и с наиболее богатым развитием растительного покрова, так что они среди окружающей их глинистой, безводной и поэтому бесплодной пустыни являются «настоящими оазисами». Вот почему они издавна являлись любимыми местами для зимовок, а в настоящее время заслуживают особого внимания, как пространства, которые легко могут быть использованы для культурных насаждений, в частности для разведения фруктовых садов и виноградарников.

4) *Песчаная злаковая степь* — представляющая последнюю стадию развития песчаной зарастающей пустыни, также важна в культурном отношении по благоприятным условиям для скотоводства, отчасти и для земледелия.

Из всего сказанного ясно, как тесно связана эволюция рельефа песчаных пустынь с развитием растительного покрова, в свою очередь, зависящего от степени и характера увлажнения и обратно, по мере своего естественного преобразования и испытываемых при этом перемен в составе флоры, ведущих к изменениям условий увлажнения. Вмешательство человека может в ту или иную сторону изменить этот естественный ход развития, например, привести к более быстрому закреплению подвижных песков или, наоборот, по причине неразумного истребления растительности вызвать новое развевание бугристых песков или песчаных степей.

С другой стороны, очевидно, какую важную роль может сыграть тщательное изучение условий развития рельефа материковых песчаных накоплений, которые в пределах СССР занимают такие обширные площади и проблема культурного освоения которых приобретает в условиях современного социалистического строительства весьма важное экономическое значение.

Кроме песчаных пустынь, в СССР большие пространства заняты пустынями и полупустынями с глинистой или лёссовидной почвой или же, наконец, что наблюдается чаще, лёссовидной подпочвой, прикрытой сероземами, так называемыми *глинистыми пустынями*. Сюда относятся большие площади в Казахстане, в Закавказье (Муганская степь), в Туркменистане и пр.

Участки глинистых пустынь, вкрапленные в виде понижений в песчаные пустыни, как уже говорилось, называются *такырами*.

Глинистые пустыни иногда оказываются гораздо более бесплодными и безводными, чем песчаные. Такова, например, Голодная степь между горами Нура-Тау и Сыр-Дарьей, Голодная степь — Бедпак-Дала — между верховьями Ишима и Чу. В весеннее время эти степи покрываются довольно густой травянистой растительностью, а летом выгорают и имеют вид крайне безотрадный и унылый. Впрочем, многие участки Голодной степи обладают настолько плодородной почвой, что при достаточном орошении легко могут быть превращены в культурные земли. Исследованиями Д. И. Яковлева за последние годы выяснено, что в Бедпак-Дала имеются достаточно обильные запасы подземных вод, которые в целом ряде мест могут быть выведены наружу; таким обра-



Рис. 197. Явления выветривания в каменной пустыне, Мангышлак (фото Н. И. Аверусова).

зом перспективы освоения этой огромной по площади «пустыни» далеко небезотрадны. Здесь кстати будет заметить, что и в северной Африке (в Алжире) артезианскими бурениями удалось в пустынях вывести на поверхность подземные воды и таким путем превратить многие участки пустынь в цветущие оазисы.

В Бедпак-Дала, как и в других подобных ей пустынях, площади с глинистой почвой чередуются с пространствами, усеянными галечником, или же с участками засоленными, т. е. с участками пустынь щебневых или соленых. Последние разбросаны пятнами среди глинистой пустыни и представляют или мокрые бесструктурные солонцы и солончаки, разновидностью которых являются так называемые пухлые солонцы, богатые сернокислыми и углекислыми солями, или же столбчатые сухие структурные солонцы

Первые залегают обычно на более пониженных местах, нередко в речных долинах. Весной они иногда заливаются водой (*хаки*), а после высыхания покрываются выцветами солей (*соры*).

*Каменистые пустыни* представляют наиболее бесплодный тип пустынных пространств. В Северной Африке, в центральной Азии такие пустыни занимают обширные площади, в СССР они гораздо более ограничены в своем распространении, чем песчаные. Примерами их могут служить пустыни Мангышлака (рис. 197, 198, 199), Большого и Малого Балханов, восточного края Усть-Урта, вдоль побережья Аральского моря, и пр. Сюда же можно отнести щебенные и галечные пустыни Кара-Тау, Копет-Дага, западное побережье Балхаша и пр.

К тому, что сказано выше о пустынях, в особенности о песчаных пустынях, необходимо добавить следующее. Из многочисленных исследований, как старых, так и более новых, посвященных пустыням и полупустыням Азиатской части СССР, выясняется большая сложность рельефа этих пространств и меньшая сложность проблемы происхождения как всего рельефа их, так и отдельных форм среди них. Так, например, Макеев<sup>1</sup> в работе о Кызыл-кумах выделяет следующие геоморфологические типы: равнины, горно-холмистые районы, песчаные районы, мелкогрядовые, сыпучие пески, котловины. Среди равнин он, в свою очередь, выделяет: равнины песчано-глинистые, галечниковые, щебнистые. В объяснении генезиса некоторых из этих форм автор высказывает отличную от прежних точку зрения. Так, в происхождении грядового рельефа он в этой работе, как и в прежней своей работе о Кара-кумах, склонен приписывать большое значение тектонике. В противовес этому некоторые другие исследователи в происхождении грядового песчаного рельефа не только приаральских и прикаспийских пустынь, и полупустынь, но и пустынь других стран на земном шаре (например, Сахары) склонны усматривать результаты деятельности, главным образом, проточных вод<sup>2</sup>. Если в этих новых взглядах многое еще может показаться спорным и требующим про-

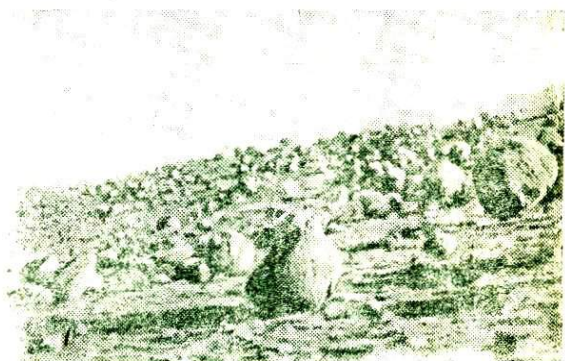


Рис. 198. Каменистая пустыня, усеянная конкрециями, отпрепарированными дефляцией, Мангышлак (фото Бапрунаса).

1 Макеев, Н. С. Очерк рельефа Кызыл-кума. Труды Совета по изучению производительных сил Академии Наук СССР, Л. 1933.  
2 Геллер С. Ю. и Кунин, В. Н., О происхождении грядовых песков. Доклады Академии наук СССР, 1933.

верки, то во всяком случае они заслуживают внимания, как реакция против одностороннего увлечения эоловой теорией в применении к объяснению генезиса рельефа песчаных образований.

В Африке каменные пустыни называются *хаммадами* (рис. 200), песчаные — *эргами*. Первые вообще являются наиболее бесплодными; такие бесплодные каменные пустыни нередки в пределах Сахары и Большого Балхана и пр. Гораздо богаче растительностью песчаные пустыни — эрги. Примером обширного эрга вне пределов СССР может служить Индийская пустыня Тар, о которой Сион замечает, что по существу она не заслуживает названия настоящей пустыни<sup>1</sup>.

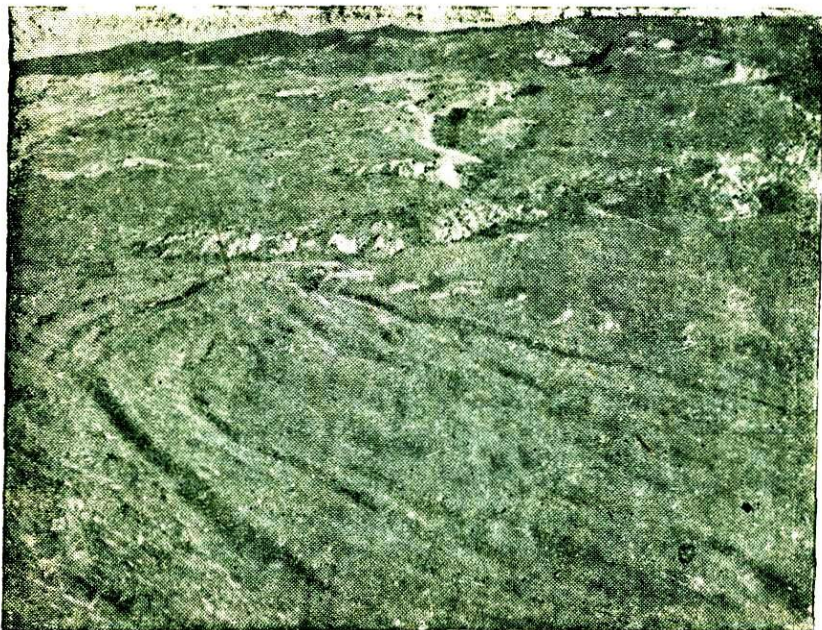


Рис. 199. Щебневый конус выноса (пролювия), близ Кашгара, северный склон восточного Кара-тау (фото Н. И. Андрусова).

Тар (Thar) называется обширная песчаная пустыня, или, вернее, степь, начинающаяся на левом берегу Инда и Сетледжа и тянущаяся на юг до болотистой низменной равнины Раич (Rann of Gutch), расположенной почти на уровне океана и потому затопляемой водами океана на больших пространствах во время юго-западных муссонов. Тар сплошь покрыта песками, покоящимися на древних породах, составляющих продолжение тех, которые слагают Декан. Эти породы выступают в восточной части степи из-под песков в виде групп островных гор, несущих на себе яркие следы обработки эоловыми агентами. Песчаная почва пропитана солью, которая издавна служит предметом добычи. Реки теряются

<sup>1</sup> Jules Sion, *Asie de Moussons*, t. IX, b. 2. 322.

в песках, которые нагромождены в дюны, достигающие в южной части пустыни 60 и даже 150 м высоты. Ольдгам считал, что пески Тар являются осадками моря, покрывавшего область низовьев Инда до постплиоценового времени; но Сион ставит вопрос, не давали ли также для них материала и осадки древних пойм Инда. Более высокие и более древние дюны восточной и южной частей пустыни уже неподвижны; подвижные дюны наблюдаются в западной части, ближе к Инду, где и осадков выпадает меньше, чем на востоке. Подвижные дюны вытянуты большей частью с северо-запада к юго-востоку, перпендикулярно к направлению господствующих ветров, имея крутые северо-восточные склоны; так

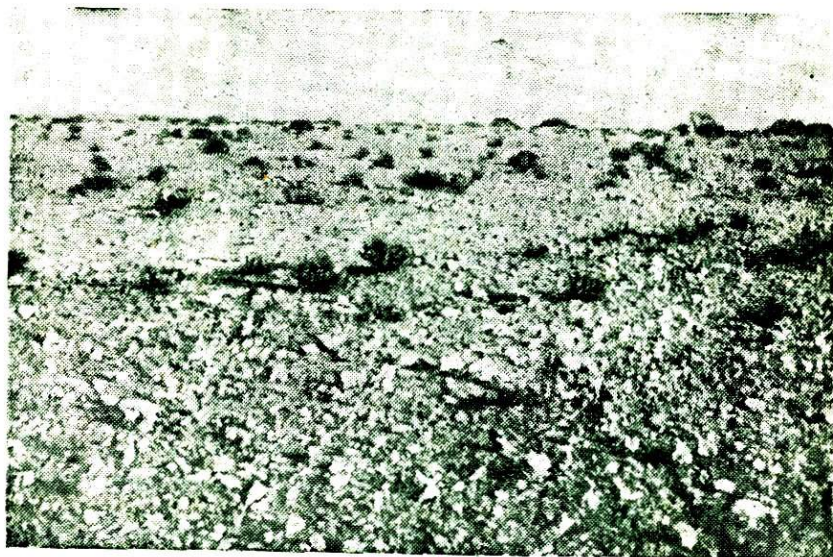


Рис. 200. Каменистая пустыня. Почва одета известковой коркой, Алжир (фото Пассарге).

же расположены и древние дюны. Но ближе к Рани (упоминавшейся выше низменности) дюны вытянуты к юго-западу.

Осадки в Тар выпадают редко; иногда проходит целый год без единого дождя. Но воды с Гималаев, стекая к пустыне, распространяются по подземной поверхности коренных пород под песками и питают многочисленные колодцы, нередко, впрочем, с засоленными водами. Колодцы на юге достигают большой глубины (до 170 м). Пески скреплены песколюбивыми растениями и колючками, а после дождей порастают злаками. Поэтому здесь пасутся стада овец, местами и рогатого скота, а верблюды чувствуют себя здесь очень хорошо.

Таким образом, Тар представляет действительно не пустыню в строгом смысле слова, а аридную степь. Население здесь очень редкое, не более 15 человек на 1 кв. км.

6. Тропические страны. Нам остается еще остановиться вкратце на особенностях моделировки поверхностных частей земной коры в тропических странах. Особенности эти определяются прежде всего господством в течение круглого года высоких температур. Что касается влажности, то в этом отношении мы имеем в пределах тропического пояса довольно большое разнообразие условий: влажные тропические леса с большим количеством годовых осадков, тропические леса с чередующимися сухими и дождливыми сезонами, влажные тропические степи, сухие тропические степи (саванны — тропические степи и лесостепи).

Во влажных тропических лесах господство высоких температур в течение круглого года и обильные осадки благоприятствуют сильной электролитической диссоциации воды и следовательно ее роли как энергичного химического фактора. Для них поэтому характерно аккумулятивное выветривание (химическое). Отличительным признаком тропического почвообразования является накопление в почве гидратов глинозема и железа. Поэтому латериты и красные почвы представляют наиболее характерный тип тропических почв. Элювиальная кора выветривания в лесных зонах достигает громадной мощности (до 40—60 м), а местами элювиальные продукты выветривания достигают и гораздо больших мощностей (до 400 м). Коренные породы поэтому скрыты на большой глубине под их мощным чехлом. Указания некоторых авторов (Заппера), будто эти громадные толщи элювия могут медленно сползать по склонам, другими исследователями (Пассарге) подвергаются сомнению. Аккумуляция органического материала хотя и происходит местами в значительных количествах, все же в общем процессе формирования рельефа играет подчиненную роль. Эффекты эоловых агентов в ландшафте почти нигде не проявляются.

Энергичное расчленение земной коры многоводными речными потоками в связи с частыми обвалами и оползнями громадных толщ элювия и делювия с горных склонов обуславливает развитие чрезвычайно крутосклонных междолинных кряжей, гребни которых нередко бывают настолько узки, что растущие на них лианы простирают свои корни в стороны, в воздух. Взойти на такие склоны можно только или с помощью искусственных лестниц, или цепляясь за лианы. Таковы характерные формы рельефа в Соляных горах Перу.

Другая картина наблюдается в Бразилии. Здесь сложенные гранитами и гнейсами горные вершины поднимаются из густого тропического леса отдельными куполами с округленными вершинами и крутыми, почти не расчлененными эрозией склонами, представляя резкий контраст с окружающей их густой пеленой леса. В связи с отмеченной выше многоводностью и мощной транспортной силой рек аккумулятивные аллювиальные формы в тропических лесных зонах выступают на первый план. Там, где реки выходят из гор на предгорные равнины или на морские побережья, возникают обширные аллювиальные конусы выноса или дельты. Конусы выноса и дельты соседних долин, разрастаясь вширь, сли-

ваются между собой, образуя сложные аллювиальные аккумулятивные равнины или сложные дельты (юго-восточные и южные берега Азии, побережья Бенгальского залива, восточное побережье Южной Африки, западное побережье Африки и пр.).

Современные и древние ледниковые образования занимают ничтожные площади, будучи приурочены исключительно к верхним зонам самых высоких горных возвышенностей (Килиманджаро, Анды, Гималаи).

*Влажные* тропические степи, как указывает Пассарге, по видимому произошли путем истребления древесной растительности из влажных тропических лесов. Исчезновение лесов имело своим следствием высыхание почвы, и, как результат, превращение землистого латерита в пористый твердый бурый железняк. Последний в значительной степени предохраняет земную поверхность от площадного смыва и в то же время не препятствует энергичному эрозионному расчленению. Ячеистый латеритовый грунт легко напитывается водой, которая выступает затем на поверхность в благоприятных для этого по рельефу местах в виде ключей, что способствует образованию оползней и обвалов и возникновению циркообразных долинных замыканий, а также образованию нишеобразных оползневых форм рельефа на склонах долин. Местами бурожелезняковый латеритовый панцырь размыт, от него уцелели лишь отдельные пятна и островки, и энергичное выветривание дает в результате красноземы суглинистого или глинистого характера. Там, где такие почвы мощно развиты, атмосферные воды производят значительный площадной смыв, а эрозионное расчленение, хотя и проявляется еще достаточно сильно, все же становится более слабым, в особенности если почва зарастает густыми кустарниками. В понижениях рельефа образуются болота и накопления органического материала (гумуса).

В *сухих* тропических степях по причине значительно меньшего количества выпадающих атмосферных осадков и более длительного сухого сезона почва высыхает глубже, и процессы химического выветривания идут гораздо менее энергично. Вместо латеритов и красноземов образуются почвы бурого или желтого цвета и вместо суглинистых — чаще супесчаные почвы, что является следствием большего высыхания и менее энергичного разложения минералов, чем во влажных зонах. По этой причине золотые агенты начинают здесь играть более важную роль, и продукты золотой переработки материалов выветривания — пески — получают большое распространение. В связи с этим атмосферные осадки легче проникают в почву, а площадной смыв атмосферными водами, наоборот, проявляется слабее. Вот почему в сухих тропических степях в формировании рельефа обусловленные подмывом подземных вод оползни, обвалы и т. п. уже не имеют того значения, как во влажных степях и во влажных лесах: цирки на склонах долин и в их верховых частях наблюдаются реже; точно также отступают на второй план в качестве характерных ингредиентов морфологии болота и образующиеся в них органические (гумусовые) отложения. Нередко в сухих тропических степях на-

блюдаются сохранившиеся следы прежнего более влажного климата (деградированные, превращенные в бурожелезняковые шлаковидные массы латериты и т. п.).

От тропических лесов и степей переход к степям и пустыням средних широт совершается через посредство субтропических лесов и степей (влажных и сухих). В смысле влияния климатических факторов на развитие рельефа они отличаются от тропических стран менее высокими температурами, менее энергичными процессами химического выветривания, а в сухих субтропических степях и тем, что в них в соответствии с более суровым климатом известную роль начинают уже играть процессы физического выветривания и морозного раскола.

К тому, что говорилось выше о влиянии географической (по существу, климатической) зональности на развитие рельефа суши, необходимо прибавить следующее. Эта зональность могла бы проявляться в полной мере в том случае, если бы первичное устройство земной поверхности было всюду более или менее однородно, чего на самом деле нет. Поэтому такая зональность в той или иной мере нарушается в тех местах, где появляются горные возвышенности, и нарушение тем резче, чем выше эти последние. В таких местах, как мы это уже отчасти попутно отмечали и при самом изложении влияния климатической зональности, на смену ей приходит вертикальная зональность, выраженная, впрочем, с меньшей резкостью и отчетливостью, чем в случае с распределением растительных зон. Так, в тропических и субтропических зонах в горах выше снеговой линии развиваются ледниковые ландшафты, на высоких нагорьях и плоскогорьях (Тибет, Памир, Алтай) можно наблюдать типичные черты тундрового ландшафта и пр. Но эти *интразональные* формы, представляющие как бы вторжения чуждых типов ландшафта, все же не могут затушевывать того существенного влияния географической зональности на развитие морфологии суши, какое обрисовано было выше.

### Общие замечания о развитии и значении рельефа.

Знакомство с формами рельефа и с их сочетаниями, изложенное на предыдущих страницах, учит нас, что, как бы различны ни были между собой эти формы, и их комплексы, мы не можем мыслить их оторванно друг от друга. В своем происхождении и в своем географическом распределении по земной поверхности они связаны друг с другом гораздо более тесно и органически, чем это может показаться при первом беглом ознакомлении с ними, особенно когда мы имеем дело с такими противоположными, казалось бы, во всех отношениях представителями их, как, например, горы и равнины. Огромным результатом современного геоморфологического анализа является установление бесспорного положения, что все формы земной поверхности подвержены с течением времени изменениям и что в основе всех этих изменений лежат определенные закономерности, вскрытие которых и составляет главную задачу и главное содержание современной геомор-

фологии. Мало того, самая группировка форм на земле не случайна, а определяется, с одной стороны, геологической историей того или другого участка земной коры, с другой — зависит от господствующих в разных зонах нашей планеты общих физико-географических условий, в частности и в первую очередь от климатических. Кроме того, как мы видели, и самые формы оказывают ясно выраженное взаимное влияние на развитие соседних с ними форм. Сложность факторов, влияющих на генезис и эволюцию морфологии земной поверхности, чрезвычайно велика, и надо сказать, что многое в этом отношении еще подлежит выяснению.

Но уже и то, что удалось выяснить до сих пор, представляет высокую теоретическую и практическую ценность.

Устройство земной поверхности всегда оказывало влияние на жизнь и на все культурное развитие человечества.

Влияние это выражается в том, что выбор места для отдельных поселений (городов, селений, отдельных построек) диктуется условиями рельефа. То же самое приходится сказать относительно размещения возделываемых полей, сооружения различного рода мелиорационных устройств, проведения железных, шоссейных и грунтовых дорог, каналов, тоннелей, нефтепроводов и пр.

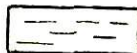
В бесчисленных творениях всех национальностей на разных ступенях культурного развития мы находим яркое отражение того впечатления, какое оказывали на них картины окружающего ландшафта, в частности формы устройства земной поверхности.

Не менее существенное косвенное влияние на культуру и быт человечества и отдельных людей имеет устройство земной поверхности. От рельефа в значительной степени зависят направление воздушных течений, количество осадков, получаемых данной местностью, распределение почвенного и растительного покровов, направление временных и постоянных водотоков (рек).

Но по мере развития культуры и техники человек в своей целеустремленной деятельности начинает с одной стороны сознательно использовать те или иные особенности существующего рельефа, с другой — видоизменять их в желательную для себя сторону. Но в этих условиях первостепенное значение приобретает как раз знание тех закономерностей, которые управляют происхождением и развитием, а также распределением форм земной поверхности. Пренебрежение к вскрытию этих закономерностей и использованию их нередко приводит к печальным результатам. Укажем, например, что недостаточный учет и незнание особенностей морфологии привели к неправильному размещению жилищных построек в Хибиногорске, что привело к несчастным случаям при горных обвалах в этом городе. Подобные примеры можно бы умножить. Но и сказанного достаточно, чтобы видеть, что в современных условиях социалистического интенсивного строительства геоморфология может и должна сыграть существенную роль при решении ряда весьма важных народнохозяйственных задач.

ТАБЛИЦЫ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ СИМВОЛОВ  
(с английского)<sup>1</sup>

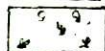
1. РАВНИНЫ ВООБЩЕ



а) песчано-галечниковые



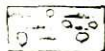
б) полупустынные



в) травянистые



г) саванны



д) лесистые



е) хвойно-лесистые



ж) лесисто-болотные



з) болотистые



и) заливаемые приливными марши



к) возделываемые



2. ПРИБРЕЖНО-МОРСКИЕ



3. ПОЙМЫ



4. АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ КОНУСЫ ВЫНОСА



5. КУЭСТЫ



6. ПЛАТО В СТАДИИ ЗРЕЛОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ ВО ВЛАЖНЫХ ОБЛАСТЯХ



7. ПЛАТО С ИЗНОШЕННЫМ РЕЛЬЕФОМ ВО ВЛАЖНЫХ ОБЛАСТЯХ



8. ПЛАТО В СТАДИИ МОЛОДОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ В АРИДНЫХ ОБЛАСТЯХ



<sup>1</sup> При нанесении этих символов на контурную топографическую основу получают довольно наглядные картины распределения геоморфологических ландшафтов в пространстве.

9. СИЛЬНО РАСЧЛЕНЕННОЕ ПЛАТО В АРИДНЫХ ОБЛАСТЯХ (бедленд)



10. ЕЩЕ БОЛЕЕ СИЛЬНО РАСЧЛЕНЕННЫЕ ПЛАТО В АРИДНЫХ ОБЛАСТЯХ (рельеф «меза»)



11. СКЛАДЧАТЫЕ ГОРЫ (пенеппенизированные и вновь расчлененные)



12. КУПолоВИДНЫЕ ГОРЫ



13. ГЛЫБОВЫЕ ГОРЫ



14. СЛОЖНЫЕ ВЫСОКОГОРЬЯ



15. СЛОЖНЫЕ ВЫСОКОГОРЬЯ С ЛЕДНИКАМИ (Альпийские горы)



16. СРЕДНЕГОРЬЯ



17. СЛОЖНЫЕ ГОРЫ СО СНОШЕННЫМ РЕЛЬЕФОМ



18. СЛОЖНЫЕ ГОРЫ С ОМОЛОЖЕННЫМ РЕЛЬЕФОМ



19. ПЕНЕПЛЕН



20. ОМОЛОЖЕННЫЙ ПЕНЕПЛЕН



21. ЛАВОВОЕ ПЛАТО (молодое)



22. ЛАВОВОЕ ПЛАТО (расчлененное)



23. ВУЛКАНЫ



24. СЛОЖЕННЫЕ ИЗВЕСТНЯКАМИ ОБЛАСТИ, НИЗМЕННЫЕ, С КАРСТОВЫМИ ВОРОНКАМИ



25. СЛОЖЕННЫЕ ИЗВЕСТНЯКАМИ ОБЛАСТИ, ВОЗВЫШЕННЫЕ, СО ЗРЕЛЫМ РАСЧЛЕНЕНИЕМ



26. СЛОЖЕННЫЕ ИЗВЕСТНЯКАМИ ОБЛАСТИ ТРОПИЧЕСКИЕ



27. КОРАЛЛОВЫЕ РИФЫ



28. ПЕСЧАНЫЕ ДЮНЫ



29. ЩЕБНЕВЫЕ ПУСТЫНИ (ссерир)



30. ПУСТЫНИ КАМЕНИСТЫЕ (хаммада)



31. ПУСТЫНИ ГЛИНИСТЫЕ (такыры)



32. ЛЕССОВЫЕ ОБЛАСТИ



33. ЛЕДНИКОВЫЕ МОРЕНЫ, КАМЫ



34. ДРУМЛИНЫ



35. ФИОРДЫ



36. ГОРНЫЕ ЛЕДНИКИ (глетчеры)



37. МАТЕРИКОВЫЕ ЛЕДНИКОВЫЕ ШИТЫ



38. МОРСКОЙ БЕРЕГ ПЕСЧАНЫЙ ИЛИ ГАЛЕЧНЫЙ



39. МОРСКОЙ БЕРЕГ ОБРЫВИСТЫЙ (с клиффом)



40. ПОДНЯТЫЙ МОРСКОЙ БЕРЕГ (с террасами)



## ГЛАВНЕЙШАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Павлов А. П. О рельефе равнин и его изменениях под влиянием работы подземных и поверхностных вод, *Землевед.*, 1898.
- Пенк А. О формах гор, *Землевед.*, 1897.
- Вальтер Иог. Законы образования пустынь, перев. с нем., 1911.
- Крубер А. Карстовая область Крыма, *Землевед.*, кн. 1—2, прил.
- Зупан А. Основы физической географии, перев. с нем., 1914.
- Крубер А. Общее землеведение, 1917—1922.
- Тауфилев Г. География России, Украины и примыкающих к ним с запада территорий, 1922—1924.
- Берг Л. С. Формы русских пустынь, 1911.
- Берг Л. С. Рельеф Сибири, Туркестана и Кавказа, *Учен. зап. Моск. гос. ун-та*, вып. 5, 1930.
- Эдельштейн Я. С. Инструкция для производства геоморфологических наблюдений при полевых геологических исследованиях, 1936.
- Эдельштейн Я. С. Инструкция для геоморфологического изучения и картирования Урала, 1936.
- Гладцин И. Н. Каменные многоугольники, Статья вторая. *Изв. Гос. геогр. о-ва* № 6, 1936.
- Шукин И. С. Геоморфология суши, ч. I, 1933, ч. II, 1938.
- Обручев В. А. Полевая геология, т. II, 1931.
- Мартон Э. Основы физической географии, том II. Геоморфология.
- Перевод П. А. Шелапутина. *Учпедгиз*, 1945 г.
- Мидановский Е. В. К вопросу о роли и задачах геологических методов исследования в геоморфологии, *Землевед.* т. XXIII, вып. 1—2, 1931.
- Сумгин М. И. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР, 1936
- Ермолаев М. М. Инструкция для экспедиционного исследования ископаемого льда как географического фактора, 1932.
- Спирidonов А. И. К вопросу о геоморфологической карте, *Учен. зап. Моск. гос. ун-та*, вып. 5, 1936.
- Соболев Д. Н. Пролог к изучению долинного и террасового ландшафта Украины, *Изв. Гос. геогр. о-ва* № 1, 1937.
- Эдельштейн Я. С. и Герасимов А. П. Инструкция для изучения следов древнего оледенения в альпийских странах, 1907.
- Берг Л. С. Рельеф Туркмении, *Сборн. «Туркмения»*. Акад. наук СССР, 1929.
- Кара-Кумы, Северо-восточные Кара-Кумы по данным 1929, 1930 и 1932 гг.
- Кызыл-Кумы, т. 1, Кызыл-Кумская геохимическая экспедиция Академии наук СССР, работы 1931, 1933 гг.
- Калесник С. В. Горные ледниковые районы СССР, 1936.

### Периодические издания.

*Известия Гос. Географического О-ва.*

*Труды Геоморфологического Ин-та Академии наук СССР.*

Известия Академии наук СССР.

Труды Арктического ин-та, Гл. упр. Сев. мор. пути.

Землеведение.

Труды Ин-та физ. географии Академии наук СССР, Геоморфологические очерки СССР.

Бюллетень Арктического ин-та.

Проблемы советской геологии.

Труды Главн. геолого-развед. объединения.

Известия Главн. геолого-развед. объединения.

Бюллетень Московск. о-ва испыт. природы.

Главнейшая иностранная литература

Richthofen F. V. Führer für Forschungsreise, 1886.

Penck A. Morphologie der Erdoberfläche, 1894.

Philippson A. Grundzüge der allgemeinen Geographie, B. 11, 1924.

Davis W. M. Die erklärende Beschreibung der Landformen.

De Martonne Em. Traité de géographie physique, 1924—1935.

Davis W. M. und Braun G. Grundzüge der Physiographie, 1915.

Penck Walther. Die morphologische Analyse, 1924.

Hess H. Die Gletscher, 1904.

Hess H. Das Eis der Erde, Handb. d. Geophysik, B. VII, 1933.

Passarge S. Morphologie der Erdoberfläche, 1929.

Passarge S. Die Grundlagen der Landschaftskunde, 1929.

Walther Joh. Des Gesetz der Wüstenbildung, 1912.

• Hobbs W. H. Characteristics of existing Glaciers, 1911.

Supan A. Grundzüge der physischen Erdkunde, 7 Aufl. 11, Erster Teil, 1930.

Johnson D. W. Shore Processes and Shoreline Development, 1919.

Rapport de la Commission des terrasses pliocenes et pleistocenes, 1928.

Deuxieme rapport de la Commission des terrasses pliocenes et pleistocenes, 1928.

Norman E. A. Hinds. Geomorphology. The Evolution of Landscape. New York 1943.

Cotton C. A. Geomorphology. Wellington N. Z. 1942.

Lobeck A. K. Geomorphology. New York. 1939.

von Engel n O. D. Geomorphology. New York. 1942.

de Martonne E. A. A Shorter Physical Geography New York. 1927.

Периодика

Zeitschrift für Gletscherkunde.

Zeitschrift für Geomorphologie.

Comptes Rendus du Congrès International de Geographie, t. II, 1931.

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие к первому изданию . . . . .	3
Предисловие ко второму изданию . . . . .	5
Введение . . . . .	7

### *Глава I.*

#### СОДЕРЖАНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ И МЕТОДЫ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ И АНАЛИЗА.

Факторы развития рельефа . . . . .	13
Значение фактора времени в развитии рельефа . . . . .	17
Геоморфологическая номенклатура . . . . .	21
Теоретические основы современной геоморфологии . . . . .	28
О влиянии тектоники на рельеф . . . . .	33
Палеоморфология . . . . .	35
О роли эксперимента в геоморфологии . . . . .	36
Значение геоморфологии для решения задач практического характера . . . . .	37
Приемы полевого геоморфологического исследования и описания . . . . .	39
Геоморфологические карты . . . . .	44
Легенды к геоморфологическим картам . . . . .	44
Геоморфологические профили . . . . .	49
Описание . . . . .	49

### *Глава II.*

#### КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЛАВНЫХ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ГЕОМОРФОЛОГИИ КАК НАУКИ

### *Глава III*

#### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ И СОСТАВЕ ЗЕМЛИ

Форма и размеры земного тела . . . . .	60
Внутреннее строение земли . . . . .	61
Строение литосферы . . . . .	62
Химический состав внешней зоны земной коры . . . . .	64

Глава IV

ОБЩАЯ МОРФОЛОГИЯ ЗЕМЛИ

Мировой океан . . . . .	69
Крупные черты устройства поверхности суши . . . . .	69
Особенности общих очертаний материков . . . . .	71
Мировой водораздел . . . . .	74
Острова . . . . .	74
Моря . . . . .	75
Тектоническое подразделение литосферы . . . . .	77

Глава V

ДОЛИНЫ

Классификация морфологических ландшафтов . . . . .	84
О ложбинах стока . . . . .	85
Определение понятия «долина» . . . . .	86
Элементы долины . . . . .	87
Очертания долин в плане . . . . .	89
Продольные и вертикальные профили долин . . . . .	90
Поперечные профили долин . . . . .	92
Происхождение долин . . . . .	100
Асимметричные долины . . . . .	107
Некоторые общие дополнительные замечания о развитии долин . . . . .	109

Глава VI

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СКЛОНОВ

Глава VII

ТЕРРАСЫ РЕЧНЫХ ДОЛИН

Общие определения . . . . .	122
Речные террасы . . . . .	122
Морфологические элементы речных террас . . . . .	123
Условия проявления террас в долинах . . . . .	125
Пространственное развитие террас . . . . .	126
Номенклатура террас . . . . .	127
Происхождение и геологический состав террас . . . . .	128
Происхождение террас . . . . .	130
Нарушение нормальной последовательности в развитии террас. Локальные террасы . . . . .	136
Погребенные террасы . . . . .	136
Геологический состав террас . . . . .	137
Дополнительные замечания о террасах . . . . .	138
Задачи и приемы изучения террас . . . . .	139
Географическое распространение речных террас в СССР . . . . .	141
О подводных долинах . . . . .	143

## Глава VIII

### РАВНИНЫ

Мезоформы и микроформы на равнинах . . . . .	146
Речные долины в пределах равнин . . . . .	148
Прохождение равнин . . . . .	151
Дополнительные замечания о прибрежных равнинах . . . . .	154
Такры . . . . .	155
Аккумулятивные равнины . . . . .	157
Метод восстановления прошлой истории (эволюции) равнин . . . . .	163
Искапаемые равнины . . . . .	164

## Глава IX

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О НЕКОТОРЫХ ФОРМАХ МИКРОРЕЛЬЕФА

Тетрагональные грунты . . . . .	117
---------------------------------	-----

## Глава X

### ХОЛМЫ И ХОЛМИСТЫЙ РЕЛЬЕФ

Общие замечания . . . . .	177
Древнеледниковый холмистый рельеф . . . . .	178
Ледниковый комплекс . . . . .	184
Эоловый холмистый рельеф . . . . .	185
Эволюция эолового холмистого рельефа . . . . .	188
Роль растительности в эволюции аккумулятивного песчаного рельефа . . . . .	192
Генетические геоморфологические ряды аккумулятивных песчаных образований . . . . .	197
Изучение песчаных пространств . . . . .	197
Эрозионный (скульптурный) холмистый рельеф . . . . .	198
Органогенный холмистый рельеф . . . . .	200
Аккумулятивный холмистый рельеф вулканического происхождения . . . . .	201

## Глава XI

### ГОРНЫЕ ВОЗВЫШЕННОСТИ И ГОРНЫЕ СТРАНЫ

Общие понятия . . . . .	203
Генезис гор . . . . .	205
Вулканические горы . . . . .	206
Тектонические горы . . . . .	215
Геосинклинали . . . . .	217
Общие замечания о геоморфологической эволюции горных стран . . . . .	221
Горно-долинные ландшафты . . . . .	222
Влияние эволюции рельефа на движения литосферы . . . . .	224
Расчленение долинами возвышенных стран, сложенных толщами горизонтально наложенных или наклонных слоев . . . . .	226
Преобразование денудационными и эрозионными процессами правильно построенных складчатых стран . . . . .	233
Расчленение денудационными и эрозионными процессами складчатых горных систем со сложной структурой . . . . .	236

Типы горно-долинных ландшафтов . . . . .	237
Зависимость проходимости горной страны от типа горно-долинного ландшафта . . . . .	238
Разделение горно-долинных ландшафтов по характеру их вертикального расчленения . . . . .	240
Среднегорный ландшафт . . . . .	240
Высокогорный горно-долинный ландшафт . . . . .	242
Горно-ледниковый ландшафт . . . . .	250
Мелкосопочный и горно-останцовый ландшафт . . . . .	256
Верхний денудационный уровень А. Пенка . . . . .	258
Влияние колебаний базиса эрозии на развитие горно-долинного рельефа . . . . .	264
Дополнительные замечания к проблеме островных горных ландшафтов . . . . .	266
Многоярусные ландшафты . . . . .	267
Предгорные равнины и нагорные лестницы как особые типы многоярусного ландшафта . . . . .	269
Великий обрыв Южной Африки . . . . .	274
О нагорных террасах . . . . .	276
Определение возраста древних поверхностей денудации . . . . .	278
Палимпсестовый рельеф . . . . .	281
Понятие об энергии рельефа . . . . .	282
Рельеф бедленд (badlands) . . . . .	283

### Глава XII

#### ПОЛЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

Впадины в собственном смысле слова . . . . .	286
Котловины (впадины в более узком смысле слова) . . . . .	287
Эволюция рельефа котловин . . . . .	289
Озера и внутренние моря . . . . .	290
Происхождение озер . . . . .	292
Географическое распространение озер. Озерные страны . . . . .	293
Эволюция озерных бассейнов . . . . .	295
Морфология озерных берегов . . . . .	297

### Глава XIII

#### КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ И КАРСТОВЫЙ ЛАНДШАФТ

Морфология карстового ландшафта . . . . .	300
Эволюция карстового ландшафта (карстовый цикл) . . . . .	310
Дополнительные замечания о развитии карстового рельефа и пещер . . . . .	313

### Глава XIV

#### ФОРМЫ МОРСКИХ БЕРЕГОВ

Общие сведения . . . . .	314
Дельты . . . . .	339
Прибрежно-морские и прибрежно-озерные террасы . . . . .	339
Методы изучения прибрежно-морских террас . . . . .	343
Прибрежные скалистые платформы (стрендфлет) . . . . .	348

*Глава XV*

**ОСТРОВА**

Морские острова . . . . .	354
Общие замечания о значении изучения морфологии островов . . . . .	365
Острова на озерах . . . . .	366
Острова на реках . . . . .	366

*Глава XVI*

**ВЛИЯНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ  
НА РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА**

Краткая характеристика главных морфологических зон . . . . .	369
Общие замечания о развитии и значении рельефа . . . . .	388
Таблицы геоморфологических символов . . . . .	390
Литература . . . . .	393

Ответственный редактор *М. В. Шербакова* Технический редактор *Р. Аронс*

Сдано в набор 16/VIII 1946 г. Подписано к печати 5/II 1947 г.  
Формат бум.  $60 \times 92\frac{1}{16}$  М 00574. Тираж 10000. Печ. листов 25. Заказ № 3842

Набрано в 4-ой типографии им. Евг. Соколовой треста «Полиграфкнига» ОГИЗ<sup>а</sup>  
при Совете Министров СССР. Ленинград, Измайловский пр., 29.

Отпечатано в типографии Картфабрики Госгеолыздата

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
9	3 снизу	А. Н. Борзова	А. А. Борзова	Автора
34	12 сверху	Прибалтийские	Прибайкальские	Корректора
42	под рис. 6			
	сверху	04 м	40 м	Типографии
48	под рис. 3			
	снизу	7—консекчно	7—конечно	"
58	4 снизу	эмперико	эмпирико	Корректора
73	8 снизу	Атлантический	Атлантический	"
78	13 снизу	континантами	континентами	Типографии
90	рис. 14	два раза g и d	g, g <sup>1</sup> , d и d <sup>1</sup>	Корректора
217	5 снизу	геосинклиналями	геосинклиналями	"
241	под рис. 109			
		Среднегорский	Среднегорный	"
257	2 сверху	Казанской	Казахской	Типографии
282	14 сверху	эрозии неизменности	эрозии и неизменности	Корректора
288	10 снизу	(дю-) нами между грядами конечных ворен которая	(дю-) нами, между грядами конечных морен которую	Типографии
297	17 сверху			"
303	под рис. 144			
		Крастовая шахта	Карстовая шахта	Типографии
314	22 снизу	эравии и образование	эрозии и образуется	"
318	6 сверху	вырьировать	варьировать	Корректора
319	14 сверху	инсеквентные	инконсеквентные	Автора
325	17 снизу	(рис. 161)	(рис. 162)	Техн. ред.
325	9 снизу	(рис. 162)	(рис. 161)	"
335	14 сверху	(рис. 180)	(рис. 174)	"
341	6 снизу	Гжилъберт	Гильберт	Автора
346	3 сверху	открывающимися	открывающихся	"

Цена 20р.

8245

8245