

М **Е** **Т** **О** **Д** **И** **Ч** **Е** **С** **К** **О** **Е**
Р **У** **К** **О** **В** **О** **Д** **С** **Т** **В** **О**
П **О** **Г** **Е** **О** **М** **О** **Р** **Ф** **О** **Л** **О** **Г** **И** **Ч** **Е** **С** **К** **И** **М**
И **С** **С** **Л** **Е** **Д** **О** **В** **А** **Н** **И** **Я** **М**

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)

551.4

**МЕТОДИЧЕСКОЕ
РУКОВОДСТВО
ПО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ
ИССЛЕДОВАНИЯМ**

517



Издательство «НЕ Д Р А»
Ленинградское отделение
Ленинград · 1972

Авторы: Ю. Ф. Чемяков, Г. С. Ганешин, В. В. Соловьев, М. Н. Бойцов,
Ю. П. Селиверстов, М. И. Плотникова. **МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
ПО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ.** Л., «НЕДРА»,
1972, 384 с.

В руководстве рассматривается организация и проведение геоморфологических исследований, как специализированных (геоморфологическая съемка различных масштабов, тематические исследования), так и выполняемых в комплексе с геологической съемкой. Дается общий обзор методов, применяемых при геоморфологических исследованиях; излагается методика изучения морфологии, генезиса и возраста рельефа. Рассматриваются основные вопросы изучения эндогенного, эндогенно предопределенного и экзогенного рельефа. Освещается составление геоморфологических карт по методу картирования генетически однородных поверхностей, морфогенетических категорий рельефа и этапов развития рельефа. Рассматриваются особенности геоморфологических исследований при поисках полезных ископаемых. К руководству приложены условные обозначения к геоморфологическим картам, составленным по методу картирования генетически однородных поверхностей, и макеты геоморфологических карт.

Методическое руководство предназначено для широкого круга геоморфологов, геологов и лиц смежных специальностей, занимающихся изучением и картированием рельефа земной поверхности.

Таблиц 19, иллюстраций 73, список литературы — 505 названий.

Редакционная коллегия:

Г. С. Ганешин, И. И. Краснов, Ю. Ф. Чемяков, С. В. Эпштейн

Научный редактор Ю. Ф. ЧЕМЕКОВ



ПРЕДИСЛОВИЕ

Методическое руководство предназначено для организаций системы Министерства геологии СССР, что определяет его направленность и круг рассматриваемых в нем вопросов. Оно может быть использовано при проведении как геоморфологических съемок разных масштабов, так и тематических исследований. При этом из большого количества описываемых методов выбираются те, которые необходимы для решения задач, поставленных перед исследователем.

К настоящему времени еще не издано инструкции по геоморфологическим исследованиям и съемке. Поэтому руководство открывается главой, содержащей инструктивные указания по проектированию, организации и проведению полевых и камеральных работ. Они составлены с использованием инструктивных материалов по геологической съемке различных масштабов. Применение последних оправдывается тем, что в организации и технических приемах, используемых при геоморфологических и геологических исследованиях, много общего.

Во второй главе дан общий обзор геоморфологических, геологических, географических и геофизических методов, применяемых при геоморфологических исследованиях. В третьей главе рассматривается методика изучения морфологии, генезиса и возраста рельефа. В этих разделах дается краткое изложение сущности рекомендуемых методов исследований, так как большинство из них хорошо известно и не нуждается в пространном обосновании. Что касается сложных методов, требующих специальной подготовки исследователя, то они не могли быть изложены здесь с достаточной полнотой. В этих случаях даны ссылки на труды, в которых можно найти исчерпывающую их характеристику.

Четвертая и пятая главы посвящены методике изучения эндогенного и эндогенно предопределенного (тектонического, тектонически предопределенного, денудационно-тектонического, вулканического и псевдовулканического) и экзогенного рельефа (речного происхождения, денудационного, структурно-денудационного, литоморфного, ледникового, флювиогляциального, мерзлотного, эолового, морских берегов, карстового, суффозионного, оползневого, антропогенного и биогенного). Эти главы не содержат материалов, которые должны быть известны из учебников геоморфологии. В них лишь сжато изложена методика изучения перечисленных выше генетических категорий форм рельефа.

В шестой главе рассматривается методика составления геоморфологических карт по методу картирования поверхностей (граней) рельефа, морфогенетических карт и карт, в основе которых лежит изображение основных этапов (возраста) рельефа. Это одна из основных глав руководства.

В седьмой главе рассматриваются особенности методики геоморфологических исследований при поисках полезных ископаемых (россыпей полезных минералов, нефти и газа и др.).

К руководству приложены типовая легенда для составления геоморфологических карт масштаба 1 : 1 000 000 по методу картирования поверхностей (граней) рельефа, которая может быть использована и для других съемочных и обзорных масштабов, и макеты геоморфологических карт поверхностей (граней) рельефа. Макеты других типов геоморфологических карт не прикладываются, так как методика их составления хорошо известна всем исследователям.

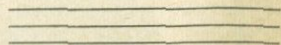
Руководство посвящено изучению современного рельефа, называемого нередко «дневным», «экспонированным» или «наземным». Что касается исследования погребенного рельефа (перспективной и быстро развивающейся отрасли геоморфологии), то его методика существенно отличается от излагаемой в руководстве и здесь не рассматривается. Кратко излагаются лишь основные методы изучения погребенного рельефа.

Методическое руководство выполнено в Отделе четвертичной геологии и геоморфологии ВСЕГЕИ Министерства геологии СССР. В его составлении приняли участие [М. Н. Бойцов], Г. С. Ганешин, М. И. Плотникова, Ю. П. Селиверстов, В. В. Соловьев и Ю. Ф. Чемяков. После безвременной кончины М. Н. Бойцова Ф. А. Каплянская взяла на себя труд подготовить к печати составленный им раздел по методике изучения мерзлотных форм рельефа.

Авторы искренне признательны за полезные указания Е. И. Корнутовой, [Б. А. Андрееву], И. И. Краснову, А. П. Марковскому, С. А. Музылеву, С. В. Эшштейну и всему коллективу Отдела четвертичной геологии и геоморфологии ВСЕГЕИ, принявшему участие в обсуждении руководства.

Авторы выражают также признательность С. З. Маминой, Т. П. Полниковой и В. М. Рыжковой за оформление графических приложений и иллюстраций.

Все замечания и пожелания авторы просят направлять по адресу: 199026, г. Ленинград, В-26, Средний проспект, д. 726, Всесоюзный ордена Ленина научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ) Министерства геологии СССР, Отдел четвертичной геологии и геоморфологии.



ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЦЕЛЬ, ЗНАЧЕНИЕ И ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель геоморфологических исследований — изучение внешнего облика, генезиса, возраста и истории формирования рельефа, что необходимо для решения различного рода научных проблем и практических задач, важных для развития народного хозяйства [470]. Эти исследования необходимы для развития геоморфологии, для создания и совершенствования ее теоретических основ. Прогресс в геоморфологии способствует развитию и смежных наук о Земле — физической географии, геологии, тектоники, почвоведения, а достижения последних используются для развития геоморфологии. Значение геоморфологических исследований для географических наук определяется тем, что рельеф земной поверхности является частью «географической оболочки» Земли и находится во взаимодействии с климатическими условиями, растительным и животным миром.

Не менее велико значение геоморфологических исследований для геологических наук. Процессы рельефообразования, формирование осадков и неоструктур взаимообусловлены и сопряжены во времени. Особенно тесно связаны геоморфология и четвертичная геология. Геоморфология связана с тектоникой (в особенности с неотектоникой) и структурной геологией, потому что тектонические структуры и тектонические движения прямо или косвенно отражаются в рельефе.

Геоморфологические исследования необходимы при оценке перспектив тех или иных территорий в отношении полезных ископаемых, связанных с различными формами рельефа, и при поисках их месторождений. Особенно велика роль геоморфологических исследований при поисках россыпей различных минералов (золота, платины, алмазов, ильменита, касситерита и др.), месторождений нефти и газа, строительных материалов (глин, суглинков, песка, гравия, галечника), осадочных месторождений железа, огнеупорных глин, бокситов, торфа и т. д. Геоморфологические наблюдения помогают поискам также и эндогенных месторождений полезных ископаемых, в том случае, когда последние связаны с геологическими структурами или породами, отражающимися в рельефе. Нередко в рельефе четко проявляются разрывные нарушения, контролирующие месторождения полезных ископаемых. Отражение глубинных структур в наземном и погребенном рельефе обуславливает возможность плодотворного применения геоморфологических исследований (в особенности морфометрического анализа) для поисков нефтегазоносных структур.

Геоморфологические критерии играют значительную роль в практике геологического дешифрирования аэрофотоматериалов, обязательного при геологосъемочных работах. Геоморфологические исследования необходимы при комплексной геологической съемке, они повышают ее эффективность и улучшают качество геологических карт. Обязательны геоморфологические исследования при гидрогеологических работах, при инженерно-геологических изысканиях, при решении вопросов сельскохозяйственного освоения залежных и целинных земель, при железнодорожном, промышленном, гражданском строительстве, при мелиорации земельных угодий, при борьбе с эрозией почв, при постройке плотин, сооружении каналов, водохранилищ, при борьбе с песчаными наносами и т. д.

Целью геоморфологических исследований может являться всестороннее изучение и картирование рельефа определенных районов или исследование тех или иных генетических категорий рельефа, поиски россыпных месторождений золота и т. д. Поэтому различают следующие основные типы работ: 1) геоморфологическую съемку различных масштабов и 2) тематические геоморфологические исследования.

Геоморфологической съемкой называется всестороннее изучение рельефа определенного участка земной поверхности для составления общей геоморфологической карты требуемого масштаба. Она может быть самостоятельной или входить в комплекс геологосъемочных работ или каких-либо других (почвенных и т. п.) исследований. Наиболее распространенные масштабы съемок — 1 : 1 000 000 (1 : 500 000), 1 : 200 000 (1 : 100 000) и 1 : 50 000 (1 : 25 000).

В связи с составлением нового варианта Государственной геологической карты СССР в масштабе 1 : 1 000 000 важнейшее значение приобретает геоморфологическое картирование того же масштаба. Каждый ее лист должен сопровождаться геоморфологической, тектонической, инженерно-геологической, гидрогеологической, геофизической и другими картами в том же масштабе, что позволит наиболее полно выявить генетические связи рельефа с геологическим строением, тектоникой, геофизическими полями и другими факторами морфо-генеза. Геоморфологическая съемка масштаба 1 : 1 000 000 (1 : 500 000) должна проводиться в слабо исследованных в геоморфологическом отношении районах для выявления основных закономерностей строения рельефа и перспектив его возможного использования при решении различного рода народнохозяйственных задач. Съемки должны ставиться также и в тех районах, где имеющиеся материалы недостаточны для составления и издания листов карты масштаба 1 : 1 000 000. Для хорошо изученных районов СССР, охваченных ранее геоморфологическими съемками различных масштабов, геоморфологические карты масштаба 1 : 1 000 000 будут составляться камеральным путем с проведением увязочных маршрутных полевых исследований. Листы карты масштаба 1 : 1 000 000 вместе с объяснительными записками подготавливаются к изданию. Составление и издание листов геоморфологической карты указанного масштаба очень важно для изучения рельефа территории СССР. Каждый из них охватывает значительную площадь, что позволяет гораздо полнее раскрыть основные законо-

мерности строения рельефа и историю его развития, чем изучение небольших участков в более крупных масштабах.

Геоморфологическая съемка масштаба 1 : 200 000 (1 : 100 000) проводится в комплексе с геологической съемкой того же масштаба. Последняя является главным видом геологического картирования территории СССР, так как служит основой для поисков полезных ископаемых. Это определяет и важнейшее значение геоморфологической съемки масштаба 1 : 200 000, которая в конечном итоге направлена на решение той же задачи.

В районах особенно сложного геоморфологического строения геоморфологические съемки масштаба 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000 могут быть заменены соответственно съемками масштабов 1 : 500 000 и 1 : 100 000. Подобная замена целесообразна в тех случаях, когда на картах масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000 не удается передать особенностей рельефа, или в тех случаях, когда геоморфологическая съемка ставится совместно с геологической съемкой масштабов 1 : 500 000 и 1 : 100 000.

Геоморфологические съемки масштабов от 1 : 1 000 000 до 1 : 100 000 должны проводиться в рамках листов топографических карт соответствующих масштабов по принятой в СССР разграфке и номенклатуре.

Геоморфологическая съемка масштаба 1 : 50 000 может быть самостоятельной (в тех случаях, когда для решения поставленных задач необходимо всестороннее изучение рельефа) или сопровождать геологическую съемку того же масштаба. Последняя проводится в первую очередь на участках, наиболее важных в народнохозяйственном отношении, охваченных ранее проведенной геологической съемкой более мелкого масштаба: 1) в районах, перспективных в отношении полезных ископаемых (руды, нефть, уголь и др.); 2) в районах индустриально-городских центров; 3) в районах значительных инженерно-геологических изысканий, строительных работ, мероприятий по мелиорации и водоснабжению. В случаях особо сложного геологического строения масштаб съемки укрупняется до 1 : 25 000.

Геоморфологические съемки всех масштабов проводятся с обязательным изучением четвертичных отложений. Исследованию подвергаются и дочетвертичные породы в пределах, которые необходимы для решения вопросов морфологии, возраста, генезиса и истории развития рельефа.

В том случае, когда геоморфологические съемки проводятся самостоятельно, они должны сопровождаться радиометрическими наблюдениями, шлиховым и металлометрическим опробованием (если последние на этой площади ранее не производились, ставились в очень ограниченных масштабах или выполнены недоброкачественно). В необходимых случаях проектируются горные и буровые работы, объем которых устанавливается в зависимости от конкретных особенностей изучаемых районов. При геоморфологической съемке, проводимой совместно с геологической съемкой, радиометрические наблюдения, шлиховое и металлометрическое опробование, буровые и горные работы включаются в общий комплекс геологосъемочных работ.

Топографической основой для геоморфологических исследований должны служить листы топографических карт более крупного масштаба, чем масштаб съемки. Так, например, геоморфологическая съемка масштаба 1 : 200 000 должна проводиться на основе топокарт масштаба 1 : 100 000 и т. д.

Аэрофотоматериалы и аэровизуальные наблюдения должны обязательно применяться при геоморфологических съемках всех масштабов. Лишь в районах особенно плохой дешифрируемости использование аэрофотоснимков может быть ограниченным.

Геоморфологическая съемка может сопровождаться также тематическими исследованиями, необходимыми для решения основных задач.

Ответственным лицом за проведение геоморфологической съемки, в случае, если она ставится одновременно и совместно с геологической съемкой, является начальник геологосъемочной партии. Выполняется она всем составом партии. В состав типовой геологосъемочной партии целесообразно включать специалистов геоморфологов для проведения геоморфологической съемки и инструктажа геологов-съемщиков по вопросам геоморфологического картирования.

В тех случаях, когда геоморфологическая съемка проводится самостоятельно, она выполняется геоморфологической партией, в состав которой входят начальник партии, старший геоморфолог, техник, младший техник, техник-геофизик и два рабочих [396].

В необходимых случаях, предусматривающихся и обоснованных проектом, партия дополняется шлиховым, металлометрическим, гидрохимическим, геофизическим, поисковым и тематическими отрядами. Партии могут быть самостоятельными, если они работают в районах, удаленных друг от друга, и могут быть объединены в экспедиции с организацией круглогодично работающих баз, имеющих собственные лаборатории.

Геоморфологическая съемка складывается из следующих этапов: 1) проектирование, 2) организация и подготовительные работы, 3) полевые работы, 4) ликвидационные работы, составление полевого отчета и приемка полевых материалов, 5) камеральная обработка материалов и составление окончательного отчета, 6) подготовка геоморфологической карты и объяснительной записки для издания.

С помощью тематических геоморфологических исследований изучаются формы (или другие таксономические категории) рельефа определенного генезиса, того или иного рельефообразующего процесса, той или иной геоморфологической проблемы и т. д. В отличие от простой геоморфологической съемки они не связаны с картированием рельефа в пределах определенных площадей. Исследования могут охватывать значительные территории и иметь маршрутный характер, но иногда они сосредоточиваются на небольших участках или отдельных объектах.

Тематические геоморфологические исследования подразделяются на полевые, лабораторные и собственно камеральные. Тематические полевые исследования могут быть весьма разнообразными по тематике (например, изучение камов, краевых ледниковых образований, гор-

ного оледенения, поверхностей выравнивания, установление стадий последнего оледенения в тех или иных районах и т. д.). Они складываются из тех же основных этапов, что и геоморфологическая съемка.

Полевые работы ведутся, как правило, в летнее время. Однако в зависимости от поставленных задач они могут быть и зимними (например, при изучении рельефообразующего значения снега и льда). Полевые исследования могут быть экспедиционными и стационарными, если наблюдения ведутся на постоянно действующих станциях. В последнем случае исследования нередко являются круглогодичными. Постановка детальных стационарных круглогодичных работ особенно целесообразна при изучении процессов динамики современного рельефа, при исследовании рельефообразующей роли экзогенных агентов и т. д.

Лабораторные геоморфологические исследования служат для воспроизведения и изучения процессов формирования рельефа на специально сооружаемых экспериментальных установках. Наиболее обычным объектом экспериментально-лабораторного изучения является рельефообразующая роль текучей воды. Однако в лаборатории невозможно воспроизвести природные условия во всей их многогранности. Поэтому данные, полученные лабораторным путем, нуждаются в существенных поправках при применении их в природных условиях. Наиболее целесообразна постановка геоморфологических экспериментов не в лаборатории, а непосредственно в природе на круглогодично действующих постоянных станциях — на типовых ключевых геоморфологических участках.

К геоморфологическим работам камерального типа относятся: 1) составление геоморфологических карт мелкого масштаба, не требующее постановки полевых исследований; 2) составление инструкций, методических руководств, учебных пособий, справочников, словарей; 3) разработка принципов геоморфологических легенд и систем условных обозначений; 4) составление рельефных геоморфологических макетов; 5) исследования по истории развития и формирования геоморфологических знаний и т. д.

Геоморфологические исследования прикладного характера ставятся в связи с необходимостью решения конкретных практических задач. К числу последних относятся: 1) поиски россыпей полезных минералов (золота, платины, алмазов, касситерита, ильменита и др.), связанных с теми или иными формами рельефа; 2) поиски нефтегазовых структур; 3) поиски месторождений строительных материалов (песка, гравия, глины, гальки, супеси, суглинков, минеральных красок); 4) поиски месторождений огнеупорных глин, гидравлических добавок, формовочного сырья, кварцевого сырья, каолина, бокситов, железа и других месторождений осадочного происхождения; 5) инженерно-геологические изыскания, связанные с промышленным и гражданским строительством; 6) гидрогеологические исследования в связи с решением вопросов водоснабжения; 7) борьба с осыпями, обвалами, селями, лавинами, песчаными наносами, оползнями; 8) борьба с эрозией почв; 9) вопросы сельскохозяйственного освоения

залежных и целинных земель; 10) вопросы мелиорации; 11) строительство дорог, каналов, водохранилищ и т. д. Здесь нет возможности дать перечень всех тех вопросов и проблем, в решении которых геоморфологические исследования могут сыграть важную роль. Геоморфологические исследования прикладного характера складываются из тех же этапов, что и геоморфологическая съемка. Они могут иметь характер крупномасштабной геоморфологической съемки или тематической работы. Состав геоморфологических партий (отрядов) устанавливается в каждом отдельном случае в зависимости от поставленных задач и обосновывается проектом.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОДГОТОВКА К ПОЛЕВЫМ РАБОТАМ

Геоморфологическим исследованиям предшествуют проектирование, организационные и подготовительные работы. При составлении этого и других разделов использованы работы [166, 167, 168, 252, 394] и другие материалы, указанные в списке литературы.

Проектирование

Проект на проведение геоморфологических исследований составляется начальником партии (ответственным исполнителем темы) за 2—3 месяца до начала полевых работ. Если геоморфологические исследования входят в комплекс геологической съемки, то лицом, ответственным за проведение геоморфологических исследований, составляется геоморфологическая часть единого проекта на геологосъемочные работы.

Составлению проекта предшествует ознакомление с опубликованными и рукописными трудами, картографическими материалами и аэрофотоматериалами по району будущих исследований.

Если геоморфологические исследования должны проводиться в течение нескольких лет, то проект и смета составляются на весь срок работ. Наиболее детально разрабатываются календарный план, объемы и программа работ на первый год. После первого сезона полевых работ в проект вносятся необходимые уточнения и дополнения.

В проекте должны обосновываться выбор масштаба геоморфологической съемки, необходимость постановки той или иной тематической работы, выбор площади исследований; описываться степень изученности района, условия проведения работ, сложность геоморфологического строения, степень дешифрируемости аэрофотоматериалов, условия проходимости, степень обнаженности; определяться круг вопросов и задач, которые должны быть решены в результате выполнения проектируемой работы (как научных, так и практических); устанавливаться комплекс и объемы различных видов работ (геоморфологической съемки, съемки четвертичных отложений, горных и буровых работ, тематических исследований и т. д.); намечаться наиболее рациональная методика выполнения поставленных задач.

Проект подразделяется на геоморфологическую и техническую части. В первой части говорится о целевом назначении проектируемых работ, даются географо-экономическая и геолого-геоморфологическая характеристики района, обзор проведенных ранее исследований, методика и объем работ. В технической части проекта приводятся сведения по организации работ, структуре партии (экспедиции), определяются объемы геоморфологической съемки или тематических исследований, буровых и горных работ, геофизических и других специальных работ, камеральных работ, разрабатываются организационно-производственные и хозяйственно-бытовые вопросы, необходимые для составления сметы.

К проекту прилагаются обзорная карта района работ (мелкого масштаба), схема изученности геоморфологии и карта четвертичных отложений района, схематические карты геоморфологическая и четвертичных отложений более мелкого масштаба, чем масштаб съемки. Обязательными приложениями являются таблицы технико-экономических показателей, которые необходимы для составления сметы, и сама смета на весь срок работ.

После завершения технического оформления проекта он рассматривается научно-техническим советом управления, треста или учеными советами (секциями ученого совета) научно-исследовательских институтов и утверждается начальником управления, треста, директором института или его заместителями.

Для составления проектов и смет используются работы [127, 128, 134, 135, 163, 164, 341, 395—397] и другие инструктивные материалы Министерства геологии СССР.

Подготовительный период

После утверждения проекта начинается подготовительный период (обычно до двух месяцев), после чего партия (отряд) выезжает в поле. Содержание подготовительного периода складывается из научной (предполевые камеральные работы) и организационно-хозяйственной подготовки.

Предполевые камеральные работы проводятся всем научно-техническим персоналом под руководством начальника партии (ответственного исполнителя темы). Выполнение их на высоком качественном уровне в значительной степени предопределяет успех полевых исследований. На этой стадии собирают материалы по району предполагаемых исследований, изучают их и предварительно обобщают; детализируют и уточняют задачи, лишь схематически очерченные проектом работ (разработка наиболее рациональной методики исследований, выявление ключевых участков, благоприятных для решения основных вопросов, разработка детальной программы исследований и др.).

Перед выездом в поле необходимо ознакомиться со всеми материалами по морфографической и морфометрической характеристике рельефа изучаемого района, основным физико-географическим (климат, почвы, растительность, гидрографическая сеть, процессы

денудации и др.) и геологическим (геологическое строение, неотектоника, сейсмичность, вулканизм и т. д.) условиям формирования рельефа, истории его развития, полезным ископаемым, связанным с теми или иными формами рельефа, а также по ряду специальных вопросов, если исследования направлены на решение каких-либо определенных практических или научных задач (например, поиски россыпей, мелиоративные, инженерно-геологические и другие работы).

Необходимо ознакомиться с материалами и по смежным территориям, чтобы оценить положение изучаемого района в геоморфологическом строении тех геоморфологических стран, провинций и т. д., к которым он относится.

Изучаются материалы (статьи, монографии, карты, объяснительные записки к ним, схемы стратиграфии, материалы совещаний и т. д.) по геоморфологии района, его геологическому строению (стратиграфии, в особенности четвертичных отложений, тектонике, неотектонике и т. д.), сейсмичности, вулканизму, результатам геофизических (магнитометрических, электроразведочных, радиометрических, сейсмических и других) исследований, географическим условиям (климат, почвы, растительность, речная сеть и др.) и по всем другим необходимым вопросам. На просмотренные материалы составляются библиографические карточки с краткими аннотациями.

Изучение литературы сопровождается составлением конспектов, выпиской указателей флоры и фауны, имеющих значение для определения возраста тех или иных отложений и слагаемых ими форм рельефа, составлением описаний наиболее важных разрезов рыхлых отложений, сбором морфографических, морфометрических материалов и других данных.

Тщательно изучаются геоморфологические, геологические (в особенности четвертичных отложений), тектонические, геофизические и другие карты. Наиболее важные из них копируются для того, чтобы при полевых исследованиях они всегда были под рукой. Снимаются также копии с наиболее важных геологических разрезов, геоморфологических схем и зарисовок, необходимых при проведении полевых работ. Каждая из этих карт изучается как в отдельности, так и в сравнении с другими. Так, например, геоморфологические карты следует изучать в сравнении с тектоническими, геологическими, топографическими и т. д. При этом могут быть раскрыты взаимоотношения рельефа с геологическим строением, тектоническими структурами, комплексами пород того или иного состава.

Необходимо тщательно ознакомиться с геологическими коллекциями по данному району, имеющимися в музеях или у лиц, работавших ранее в нем.

В результате изучения указанных материалов составляется мелкомасштабная картограмма изученности района предполагаемых исследований. На ней показываются границы участков проведенных ранее площадных исследований и линии маршрутов (с указанием масштабов съемок и дат проведения исследований). Одновременно составляется карта фактического материала с указанием мест нахождения изученных ранее обнажений, скважин, шурфов, канав, проявлений

полезных ископаемых, связанных с теми или иными формами рельефа, и границ наиболее интересных в геоморфологическом отношении участков, которые должны подвергнуться более детальному исследованию. Эти данные наносятся на топокарты или на предварительную схематическую геоморфологическую карту.

Много данных по морфографии и морфометрии можно получить из анализа топокарт, составленных на основе дешифрирования аэрофотоматериалов. Для этого целесообразно использовать карты более крупного масштаба, чем масштаб съемки. При съемках мелкого масштаба необходимо ознакомление с топокартами масштабов 1 : 25 000; 1 : 50 000; 1 : 100 000. Следует проанализировать также и содержание топокарт масштабов 1 : 200 000 и 1 : 300 000. Для того чтобы оценить положение района и отдельных его частей в общей схеме геоморфологического строения более обширных территорий, необходимо ознакомиться с топокартами более мелких масштабов (1 : 500 000, 1 : 1 000 000).

В предполевой период должны быть получены аэрофотоматериалы (аэрофотоснимки, фотопланы, схемы накидных монтажей). Наиболее важной задачей предполевого камерального периода являются их геоморфологическое дешифрирование и составление дешифрировочных схем.

На основе материалов дешифрирования аэрофотоматериалов, анализа топокарт и других материалов составляются проект легенды геоморфологической карты, являющийся основой полевого геоморфологического картирования, и предварительная схематическая геоморфологическая карта района исследований в установленном проекте (отчетном) масштабе. Некоторые авторы считают необходимым составление гипсометрической карты. Однако это нецелесообразно, так как имеющиеся топографические карты по данному району вполне заменяют последнюю. В качестве необходимого дополнения к геоморфологической карте следует рекомендовать построение геоморфологических профилей.

В результате предполевого камерального периода должен быть составлен проект схемы маршрутов и намечены ключевые участки, подлежащие детальному изучению.

Для исполнителей съемочных и тематических работ целесообразны консультации с исследователями, ранее работавшими в районах проектируемых исследований.

Завершающим этапом предполевых камеральных работ должно являться составление двух глав отчета: 1) история исследований и 2) физико-географический очерк. Эти главы затем дополняются материалами, полученными в результате полевых работ.

Организационно-хозяйственная подготовка сводится к следующим мероприятиям: 1) комплектование партии научно-техническим и административно-хозяйственным персоналом; 2) получение или приобретение снаряжения, оборудования, аппаратуры и материалов (продовольствия, фуража, горючего, смазочных и др.); 3) проверка исправности приборов и инструментов (компасов, нивелиров, анероидов, радиометров, магнитометров и т. д.); 4) транспортировка сотрудников

партии, а также снаряжения, оборудования, аппаратуры и материалов к месту работ; если доставка продовольствия летом затруднена, оно завозится зимой; 5) организация баз на месте работ; 6) получение, приобретение или аренда транспортных средств (автомашин, катеров, лодок, лошадей, оленей и т. д.); 7) наем рабочих, каюров, проводников, конюхов; 8) заключение договоров с местными отрядами гражданского воздушного флота на проведение аэровизуальных полетов; 9) получение из финансирующих банков денежных средств на организацию работ партии; 10) получение средств радиосвязи; 11) организация охраны труда.

ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

Задачей полевых геоморфологических исследований является всестороннее изучение рельефа: его морфологии, морфометрии, происхождения, возраста, истории развития, физико-географических и геологических факторов рельефообразования, направленности развития и современной динамики рельефообразующих процессов. Изучение рельефа сопровождается исследованием слагающих его и коррелятных ему рыхлых отложений (в особенности четвертичных): их литолого-фациального, минералогического и гранулометрического состава, генезиса и возраста. Особое внимание при общей геоморфологической съемке уделяется выявлению полезных ископаемых, связанных с теми или иными элементами рельефа или четвертичными отложениями. Практическая направленность тематических исследований определяется поставленными перед ними задачами.

Продолжительность полевых работ при геоморфологической съемке составляет 3—4 месяца, а при тематических геоморфологических исследованиях устанавливается в зависимости от необходимости. Для их проведения выбирается наиболее оптимальное по климатическим условиям время (обычно летние или осенние месяцы).

Перед полевыми работами партия должна быть обеспечена: 1) необходимыми материалами, снаряжением, оборудованием, инструментами и приборами; 2) предварительной геоморфологической картой, копиями с ранее проведенных в данном районе геологических, геоморфологических, геофизических и других карт, выписками из отчетов и опубликованной литературы, копиями стратиграфических колонок и разрезов и другими необходимыми материалами; 3) инструкциями и методическими руководствами по геоморфологическим исследованиям, съемке четвертичных отложений, шлиховому, металлометрическому и радиометрическому опробованию; 4) аэрофотоматериалами (аэрофотоснимками, аэрофотосхемами и схемами накидного монтажа); 5) топокартами.

Для полевых работ необходимо иметь несколько комплектов топографических карт. Рабочим (основным) является набор карт более крупного масштаба, чем масштаб съемки. Подобных комплектов следует иметь несколько (по числу ведущих съемщиков и запасные, необходимые для полевых камеральных работ). Кроме того, нужны наборы карт и других масштабов: 1) того же масштаба, что и масштаб

съемки; 2) более мелкого масштаба; 3) крупного масштаба (для отдельных наиболее важных ключевых участков).

В процессе геоморфологической съемки собираются фактические материалы: 1) сведения о рельефе и четвертичных отложениях, наносимые на карту при помощи специально разработанной легенды; 2) описания рельефа и рыхлых отложений в полевых дневниках; 3) нивелировочные, теодолитные журналы, каталоги образцов, журналы шлихового, металлометрического опробования, радиометрические журналы и другие рукописные документы, 4) зарисовки форм рельефа, профилей и тому подобные графические документы, 5) фотографии, 6) образцы горных пород.

Территория изучается по заранее намеченной и уточняющейся в поле сети маршрутов. В зависимости от масштаба съемки, геоморфологических особенностей района и его отдельных частей, степени дешифрируемости аэрофотоснимков, условий проходимости и т. п. сеть маршрутов строится по следующим способам (или их сочетаниям): 1) поперечных пересечений, 2) продольных маршрутов, 3) совмещающий оба первых, 4) звездных или радиальных маршрутов, 5) ключевых участков, 6) прослеживания геоморфологических границ, 7) полуйнструментального или инструментального профилирования. Первые пять способов применяются преимущественно при мелко- и среднемасштабной съемках, а последние два — при крупномасштабной съемке.

При способе поперечных пересечений район исследований покрывается сетью более или менее параллельных друг другу маршрутов, пересекающих основные геоморфологические элементы (долины, водоразделы и др.) вкрест простирания. Он целесообразен в горах, где продольные маршруты по водоразделам затруднены или невозможны. Способ этот дает возможность пересечь во многих местах геоморфологические границы между различными элементами речных долин и водоразделов и нанести их на карту. При этом изменения указанных элементов вдоль долин или водоразделов остаются недостаточно изученными и восстанавливаются по аэрофотоснимкам и детальным топокартам или интерполируются.

Способ продольных маршрутов состоит в том, что последние прокладываются вдоль простирания основных геоморфологических элементов, например по долинам рек, водоразделам. Этот способ позволяет детально изучить геоморфологическое строение водоразделов, речных долин и его изменение в продольном направлении. Однако при этом остаются слабо освещенными зоны сочленения долин и водоразделов.

На практике чаще всего используется способ совмещения поперечных и продольных маршрутов.

Способ звездных или радиальных маршрутов применяют обычно в слабо изученных труднодоступных районах, где полевым работам предшествует организация баз, разбросанных в различных участках исследуемого района. В этом случае сеть маршрутов строится в виде радиально расходящихся маршрутов с каждой из баз с последующим возвращением на ту же базу. Закончив работу на одной базе, партия переходит на следующую и т. д.

Способ ключевых участков применяют также на слабо изученных территориях. Наиболее важные участки, по которым можно решить основные вопросы, подвергаются детальному изучению. Число участков может быть различным для разных территорий в зависимости от местных условий. Что касается остальной площади, то она покрывается сравнительно редкими маршрутами.

Способ прослеживания геоморфологических границ пригоден для крупномасштабных съемок и дает наиболее точные материалы. В этом случае исследователь систематически прослеживает и наносит на карту границы между различными элементами рельефа.

Способ полуинструментального или инструментального профилирования также применяют при крупномасштабных геоморфологических исследованиях. Район исследований покрывается сетью примерно параллельных друг другу и перпендикулярных им профилей. Основой являются поперечные профили (например, серия профилей поперек речной долины), а продольные их соединяют (например, продольные профили по долинам). Профили выполняются на основе полуинструментального (барометр-высотомер) или инструментального (нивелир, теодолит, автоматический нивелир системы М. А. Артанова [12] на велосипеде и др.) нивелирования.

Густота сети маршрутов зависит от масштаба съемки: чем детальнее последняя, тем гуще располагаются маршруты. Она примерно соответствует густоте маршрутов при геологической съемке. Нельзя намечать сеть маршрутов чисто механически, покрывая территорию исследования равномерной правильной сеткой маршрутов. Она должна быть неравномерной. В каждом районе есть участки более сложного геоморфологического строения. Значит, сеть маршрутов должна сгущаться. Другие, сравнительно просто устроенные в геоморфологическом отношении территории могут покрываться лишь редкими маршрутами. Таким образом, нельзя дать исследователю четкого рецепта по густоте и способу построения сети маршрутов. Они должны разрабатываться в каждом конкретном случае с учетом всех специфических условий исследуемого района.

Густота маршрутов зависит также и от условий обнаженности, залесенности, заболоченности, проходимости района и степени дешифрируемости аэрофотоматериалов.

Геоморфологические исследования тесно связаны с изучением геологического строения различных элементов рельефа и особенно рыхлых отложений. Поэтому они обычно сопровождаются горными работами. При мелкомасштабных исследованиях это расчистки естественных обнажений, закопашки и реже канавы и шурфы; при детальных исследованиях наряду с расчистками большое значение приобретают канавы, шурфы. В случае необходимости ставятся буровые работы. Для горных работ партия должна быть обеспечена простейшим оборудованием: лопатами (штыковыми и подборными), кайлами, клиньями, молотами, бадьями, воротами и крепежным лесом, необходимым для канав и шурфов. Рационально употребление бура геолога (двое рабочих могут бурить до 10 м), буров для ручного бурения глубиной до 20 м, бура Гиллера (для торфов) и применение

517

самоходных буровых установок (на автомашинах, тракторах). При детальном работах линии скважин должны совмещаться с линиями основных профилей.

Огромное значение при геоморфологической съемке имеет использование *аэрофотоматериалов и аэровизуальных наблюдений* (см. гл. II). К началу полевых работ, как указывалось, партия должна иметь предварительную геоморфологическую карту, составленную на основе дешифрирования аэрофотоснимков. Эта карта в дальнейшем должна постоянно уточняться.

В начале полевых работ рекомендуется провести несколько аэровизуальных маршрутов для предварительного ознакомления с геоморфологическим строением района съемки. В результате этого создается общее представление о рельефе района и начальник партии уточняет план проведения маршрутов.

Вслед за аэровизуальными полетами начинаются наземные маршруты. Следует обратить особое внимание на первые маршруты. Для них необходимо выбрать наиболее важные направления со сложным геоморфологическим и геологическим строением. В этих маршрутах должен участвовать весь научно-технический персонал партии. Их цель — ознакомить всех съемщиков с методикой полевой работы, освоить предварительно разработанную геоморфологическую легенду, внедрить общую систему описания точек наблюдений (рельефа и горных пород), добиться освоения правильной методики взятия образцов для различных анализов, ознакомить с методикой и техникой специальных исследований (шлихового и металлометрического опробования, радиометрии и т. д.). Убедившись, что весь научно-технический персонал в достаточной степени владеет методикой и техникой полевых исследований, начальник партии может поручать сотрудникам самостоятельные маршруты, принимая материалы ежедневно после окончания рабочего дня или (если это невозможно сделать) по завершении каждого маршрута.

Для проведения маршрутов партия разбивается на несколько групп (по числу ответственных съемщиков). В состав каждой группы входят возглавляющий ее съемщик, коллектор, рабочий (для проведения мелких горных выработок, взятия шлихов, металлометрических проб и т. д.). Иногда для шлихового и металлометрического опробования организуются специальные группы, состоящие из коллектора (техника-геолога) и рабочего-промывальщика.

Одиночные маршруты в соответствии с действующими правилами по технике безопасности категорически запрещаются.

Исполнитель должен иметь все необходимые для работы материалы, приборы, инструменты (топокарты, аэрофотоснимки, полевые книжки, журналы для записей отбора образцов, шлиховых, металлометрических и других проб, радиометрических измерений, черные графитные и цветные карандаши, лупу, геологический молоток, горный компас, складной метр, рулетку, портативный радиометр и др.).

В маршрутах точки наблюдений выбираются в наиболее характерных местах (например, на вершинах возвышенностей, у бровок или тыловых краев террас, в месте смены одной террасы другой,

на других геоморфологических границах, у обнажений и т. д.). Положение точек наблюдений точно определяется; они наносятся на топографическую карту или аэрофотоснимки и каждой из них присваивается порядковый номер. Для того чтобы избежать повторений в нумерации, начальник партии перед началом полевых исследований распределяет порядковые номера точек наблюдений между съемщиками (например, начальнику партии даются номера с 1 по 500, старшему геоморфологу — с 501 по 800, геоморфологу — с 801 по 1000, старшему коллектору — с 1001 по 1100 и т. д.).

Если работы в данном районе проводятся в течение нескольких лет, то нумерация точек наблюдений продолжается каждый следующий год в нарастающем порядке от тех номеров, которыми завершались полевые наблюдения предшествующих лет.

Густота точек наблюдений по маршрутам и вообще в пределах картируемой территории распределяется, как правило, неравномерно. В участках сложного геоморфологического строения сеть точек наблюдений сгущается, а в районах простого строения разрежается.

К точкам наблюдений привязываются описания рельефа, физико-географических условий и процессов, геологических разрезов, места взятия образцов, проб, находок остатков животных и растений, зарисовки, фотоснимки и все другие наблюдения.

Наблюдения описываются в полевом дневнике. На первой странице дневника указываются название учреждения, партии (экспедиции, отряда), фамилия, имя, отчество наблюдателя, номера дневника и описанных в нем точек наблюдений, даты начала и конца наблюдений, а также адрес, по которому дневник должен быть доставлен в случае его утери.

Описание следует вести сжатым, ясным, четким и точным языком, не допуская ничего лишнего. Можно применять сокращения. Последние должны быть оговорены в начале полевого дневника. В начале описания ставится дата. Затем указываются название маршрута и его цель. После этого следует описание наблюдений, привязанное к точкам наблюдений.

Запись начинается с указания порядкового номера точки наблюдения и местонахождения (например, т. н. 301. Устье р. Правой Ледниковой). Она делается простым карандашом на правой стороне каждого листа. Другая сторона предназначается для зарисовок и дополнительных замечаний, которые могут возникнуть после того, как сделана основная запись. Текст сопровождается зарисовками рельефа и обнажений.

Примерная схема изучения и описания рельефа в какой-либо точке наблюдения такова: 1) характеристика морфографических особенностей рельефа; 2) морфометрические данные (абсолютные и относительные высоты, длина, ширина, углы наклона и др.); 3) соотношения различных элементов рельефа друг с другом; 4) связь тех или иных элементов рельефа с различными генетическими типами рыхлых отложений; 5) изучение рыхлых отложений и отложений, коррелятных рельефу; 6) соотношение рельефа и его отдельных элементов с геологическими структурами, древними коренными поро-

дами, их литолого-петрографическим составом; 7) характеристика современных физико-географических условий рельефообразования и современных рельефообразующих процессов.

При геоморфологических исследованиях наблюдения над рельефом ведутся непрерывно. Поэтому записи в полевых книжках должны содержать описание рельефа не только в точках наблюдений, но и между ними.

Картируемые элементы рельефа наносятся на полевые карты в маршруте, на точках наблюдений. При этом кроме непосредственных наблюдений над рельефом используются топографические карты и аэрофотоснимки. Применение аэрометодов в геоморфологических исследованиях детально рассматривается в гл. II.

По окончании дневного маршрута в полевой книжке подводятся итоги, в сжатом виде освещающие результаты работы за день. Отмечаются достижения, нерешенные вопросы, уточняется план дальнейшей работы, намечаются рабочие гипотезы. При этом не следует смущаться тем, что в последующем они могут быть изменены. Итоги подводятся также и после каждого маршрута. В обязанность начальника партии, кроме того, входит задача постоянного обобщения результатов работы других исполнителей.

Необходимо четко определять степень достоверности излагаемых материалов, разграничивая установленные факты и предположения, гипотезы, опросные данные. Это правило должно строго соблюдаться как при описаниях в точках наблюдений, так и в итоговых и других записях.

Некоторые исследователи рекомендуют после возвращения из маршрута переписывать текст и переносить зарисовки из полевых книжек в чистовой дневник, хранящийся на базе партии. В этом случае итоговые записи делаются в чистовом дневнике. Такая система полевой документации гарантирует ее сохранность в случае утери полевых дневников (книжек). Однако она не получила распространения, так как требует значительного дополнительного времени.

Одновременно ведутся наблюдения над геологическим строением. Они должны быть подчинены решению основных вопросов геоморфологических исследований (влияние геологических факторов на особенности рельефа, генезис и возраст, основные этапы развития, реконструкция палеогеографических условий формирования рельефа, характеристика рельефообразующих процессов и др.).

Морфологические особенности аккумулятивного рельефа связаны с теми или иными генетическими типами рыхлых отложений и палеогеографическими условиями их формирования. Наиболее тесно эта связь выражена в том случае, когда элементы рельефа сложены разновозрастными им рыхлыми отложениями. Так, например, гривистый рельеф поймы обусловлен закономерностями накопления русловой, пойменной и старичной фаций аллювия, рельеф морских равнин — особенностями аккумуляции морских отложений и т. д. Первичный морфологический облик элементов рельефа видоизменяется в результате последующих процессов денудации или аккумуляции. Эти изменения могут быть незначительными (сглаживание гривистого рельефа

на поверхностях надпойменных террас и т. д.) или коренными, когда вновь созданные элементы рельефа теряют непосредственную связь с отложениями, на которых они образовались (например, при образовании молодых скульптурных террас, врезанных в древние аккумулятивные террасы, и т. д.). Таким образом, следует обращать внимание на выяснение взаимоотношений тех или иных элементов рельефа со слагающими их рыхлыми отложениями.

Особенности морфологии выработанного рельефа связаны с тектоническими структурами и литолого-петрографическим составом древних коренных пород. Влияние последних факторов отчетливо сказывается на ранних стадиях эрозионного расчленения (например, в горных районах) и значительно затушевывается в конечных этапах выравнивания рельефа (например, на поверхностях денудационного выравнивания, пенебленах и педипленах). Поэтому важно изучать коренные породы и тектонические структуры в той степени, которая необходима для выяснения зависимости морфологии от геологического строения.

Определение возраста рельефа также непосредственно связано с изучением рыхлых отложений. Аккумулятивные элементы рельефа формируются одновременно с образованием отложений какого-либо генетического типа (например, поймы со слагающим ее аллювием). В этом случае возраст осадков *определяет время* возникновения изучаемого элемента рельефа. Возраст выработанных форм выявляется путем изучения коррелятивных отложений (например, время формирования поверхностей денудационного выравнивания и время образования осадков сопряженных с ними аккумулятивных равнин идентично в том случае, если первые являлись питающей провинцией для последних). Возраст погребенных элементов рельефа можно установить по возрасту перекрывающих их отложений.

При определении генезиса рельефа необходимо установить происхождение слагающих его (или коррелятивных ему) отложений.

Выявление основных этапов истории развития рельефа и реконструкция палеогеографических условий формирования рельефа невозможны без стратиграфо-палеонтологического, литолого-минералогического, петрографического и фациального изучения отложений, развитых в исследуемом районе. При анализе рельефообразующих процессов нельзя обойтись без изучения различных генетических типов отложений и условий их образования, переноса и накопления в *специфических условиях* различных ландшафтно-географических зон. Таким образом, геоморфологическая съемка не может быть выполнена на высоком качественном уровне, если она не сопровождается наблюдениями над геологическим строением района в тех пределах, которые необходимы для решения основных проблем, стоящих при изучении рельефа.

Геологические наблюдения проводятся теми же лицами, которые ведут геоморфологическую съемку, и фиксируются в тех же полевых дневниках, где записываются и геоморфологические материалы.

Особенно важное значение при геоморфологических исследованиях

имеет изучение четвертичных отложений. Методика последнего детально освещена в ряде руководств [50, 241, 271, 482].

Естественные обнажения четвертичных отложений в необходимых случаях предварительно расчищаются (что обязательно при взятии образцов). При изучении контактов, криотурбаций, сложно переслаивающихся отложений, фациальных замещений рекомендуются обширные по площади расчистки (как вертикальные, так и горизонтальные). Маршруты по закрытой местности должны обязательно сопровождаться горными работами (закопушками, канавами, мелкими шурфами), а в необходимых случаях и бурением. При изучении наиболее важных участков закладываются линии шурфов, канав, буровых скважин. Объемы горных и буровых работ возрастают с увеличением масштаба съемки.

Обнажения тщательно изучают и описывают в полевых книжках. Дают общую характеристику обнажения, его размеров, ориентировки; определяют, вскрывается ли в разрезе однородная толща осадков или выделяются пласты, горизонты, слои и линзы переслаивающихся друг с другом пород, устанавливают их фациальные изменения в вертикальном и горизонтальном направлениях. Затем сверху вниз изучают и описывают каждый пласт, горизонт, слой, линзу. Вначале указывают порядковый номер описываемого горизонта, название породы (определяемой визуально), цвет (однородность или неоднородность, пятнистость, пестроцветность и т. д.). Дают предварительную характеристику гранулометрического, минералогического и петрографического состава и некоторых физических свойств (степень пористости, пластичности и т. д.). Описывают характер слоистости, степень сортировки материала, влажность, вторичные изменения (степень выветрелости и др.). Изучают контакты описываемого пласта с выше- и нижележащими пластами, размывы и перерывы. Описывают включения, конкреции, остатки древесины, моллюсков, млекопитающих, остатки древней материальной культуры человека, изучают закономерности их распределения в породе, степень обилия. Обращают внимание на наличие многолетней мерзлоты в обнажениях, глубину ее залегания. Тщательно изучают следы нарушений, вызванных неотектоникой (в том числе гравитационными движениями), гляциодислокации, криотурбации и т. д., приуроченность их к определенным частям разреза. Детально изучают основные разрезы стратиграфических подразделений четвертичной системы (горизонтов, слоев, свит) для составления сводной схемы стратиграфии четвертичных отложений района.

Большое значение имеют полевые зарисовки рельефа и обнажений горных пород. Они делаются в полевых дневниках или в специальных альбомах. Рисунки привязываются к точкам наблюдений и в дневниках на них даются ссылки. Они должны быть ориентированы по странам света. На зарисовках форм рельефа необходимо указывать азимуты на наиболее характерные элементы: вершины, седловины и т. д. Обнажения зарисовываются, как правило, в равных вертикальном и горизонтальном масштабах, указываемых на рисунке. Ориентировка передней стенки указывается стрелкой с обозначением азимута.

На рисунок наносятся линии геологических контактов, места взятия образцов, находок остатков животных и растений. Литологический состав отложений изображается специально разработанными условными обозначениями [271].

При геоморфологических исследованиях весьма желательно применение фотографических методов. Обычно используются малоформатные пленочные камеры. В ассортименте фотопринадлежностей и фотоматериалов должны быть экспонометр, портативный штатив, 10—20 черно-белых и 5—10 цветных пленок, бачок для проявления, проявитель, мешок для перезарядки кассет. В трудных маршрутных исследованиях пленки обычно не проявляют. Это делается в камеральный период.

При детальном исследовании, требующих получения точных морфометрических данных, при изучении динамики процессов морфогенеза, при работах в труднодоступных районах рекомендуется применять фотограмметрическую съемку.

Описание методов зарисовок, фотосъемки, наземной фотограмметрической съемки, аэрометодов, применяемых при геоморфологических исследованиях, см. в гл. II.

Для получения точных данных, характеризующих длину, ширину, высоту, степень наклона, простирание, взаимное положение тех или иных элементов рельефа, для составления поперечных профилей применяются горный компас, барометр-анероид, эклиметр, нивелир, теодолит и другие приборы и инструменты.

Для изучения возраста, происхождения, гранулометрического, минералогического и петрографического состава пород, вскрываемых в обнажениях, а также содержащихся в них полезных ископаемых необходимо брать образцы и пробы, подвергаемые исследованию в течение камерального периода. Для гранулометрического, минералогического, петрографического, химического, диатомового, спорово-пыльцевого, термического, электронномикроскопического, спектрального и ряда других анализов берутся, как правило, не единичные образцы, а их вертикальные серии (как по всему разрезу, так и из отдельных толщ, горизонтов, слоев при их детальном изучении). Если по каким-либо причинам нельзя взять несколько серий образцов для различных анализов из изучаемого обнажения, следует взять одну серию укрупненных проб для последующего их разделения на образцы меньшего размера. Однако образцы, требующие особых условий упаковки и хранения (для спорово-пыльцевого анализа, для определения абсолютного возраста по C^{14} и др.), необходимо брать непосредственно из обнажения. При необходимости всесторонне охарактеризовать какой-либо прослой, слой и т. п. берутся серии образцов для различных анализов.

Отбор образцов в поле сериями позволяет сразу же, по мере взятия, отправлять их в лаборатории для исследования. Кроме серий образцов рекомендуется брать дублетные образцы и образцы для музеев.

Методика взятия образцов детально описана в соответствующих методических руководствах [482]. Образцы для определения абсолют-

ного возраста методом радиоактивного углерода берутся по методике, разработанной Х. А. Арслановым, С. В. Бутомо и Н. В. Кинд [11] (см. приложения 1—4).

Особенно тщательно должны собираться остатки древесины, моллюсков, млекопитающих, древней культуры первобытного человека. В некоторых случаях (в суглинках, супесях, лёссах, глинах и других породах) целесообразно провести крупнообъемную промывку на ситах и решетках для выявления ископаемых остатков насекомых, мелких млекопитающих, моллюсков, растительных остатков, семян и плодов.

В зависимости от решения тех или иных палеогеографических вопросов целесообразно проводить полевой гранулометрический анализ (при помощи набора сит), исследовать различные фракции галечникового материала (количественное и процентное содержание галек определенных фракций или классов, их петрографический состав), изучать ориентировку галек и ледниковых валунов, определять карбонатность пород и т. д.

Каждой серии образцов присваивается порядковый номер, соответствующий номеру обнажения. Отдельные образцы данной серии обозначаются (сверху вниз) буквами русского алфавита (например, 304а, 304б, 304в, 304г и т. д.). Для серии образцов, взятых для спорово-пыльцевого анализа, рекомендуется добавлять букву п (например, 304ап, 304бп, 304вп и т. д.), для диатомового — д (304ад, 304бд), для гранулометрического — г (304аг, 304бг), для минералогического — м (304ам, 304бм) и т. д.

Каждый образец регистрируется в специальном журнале, где отмечаются дата, порядковый номер, место взятия, глубина, определение породы, для какой цели взят образец, а в графе «Примечание» дополнительные отметки.

Геоморфологическая съемка может сопровождаться шлиховым, металлотрическим и радиометрическим опробованием рыхлых отложений. Методика его изложена в специальных руководствах и инструкциях [149, 165, 174, 292, 328, 387]. Задачей этих исследований является выявление перспектив района в отношении возможного содержания полезных ископаемых в рыхлых отложениях (см. гл. VII).

Систематическое *шлиховое опробование* на территории района ставится в том случае, если ранее оно здесь не проводилось, если оно проведено неудовлетворительно или в более мелком масштабе, чем масштаб геоморфологической съемки. Если же прежняя шлиховая съемка доброкачественна и соответствует масштабу геоморфологической съемки, то лишь уточняют и детально изучают выявленные ранее шлиховые ореолы полезных минералов. Шлиховая съемка — наиболее простой и надежный метод поисков россыпей таких полезных ископаемых, как золото, олово (касситерит), вольфрам (шеелит, вольфрамит), ртуть (киноварь), платина, висмут (самородный висмут, базовисмут), ниобий, тантал, алмазы, титан (ильменит, рутил) и др. Она позволяет установить пути сноса эластического материала, что важно для поисков коренных месторождений полезных минералов. Качественное и количественное изучение минералов тяжелой и легкой

фракций шлихов, их гипергенных изменений позволяет решать важные вопросы палеогеографии (выявление областей питания, восстановление климатических условий во время образования осадков и в последующие эпохи и т. д.), а также оказывает существенную помощь при стратиграфическом расчленении рыхлых отложений (так как определенные стратиграфические горизонты характеризуются специфическими минеральными ассоциациями).

Шлиховому опробованию подвергаются отложения всех генетических типов. Наибольшее внимание обращается на аллювий, как современный, так и древний. Он опробуется в тех местах, где наиболее вероятна концентрация тяжелых минералов (в верхних по течению частях кос и островов, в приплотиковых частях аллювия, в нижних частях галечниковых пластов и прослоев и т. д.). Шлихи берут также и из делювиальных, коллювиально-делювиальных и коллювиальных отложений, из элювиальных образований (в том числе и из кор выветривания). Тщательно должны опробоваться продукты перемыва кор выветривания, так как с ними часто связаны месторождения титана (ильменита), золота и др. Шлиховому опробованию обязательно подвергаются отложения, вскрытые обнажениями и горными выработками.

Как правило, промывку нужно останавливать на стадии серого шлиха, но ни в коем случае не черного, так как при этом может быть смыт ильменит и другие относительно более легкие полезные минералы. Это правило особенно строго следует соблюдать при шлиховом опробовании продуктов перемыва кор выветривания. В последнем случае применяется особая методика взятия шлихов, исключающая возможность потерь ильменита [268] (см. гл. VII).

Взятые шлихи документируют в шлиховом журнале, а места их взятия наносят на полевую шлиховую карту. Шлихи, как правило, имеют собственную нумерацию, не зависящую от нумерации точек наблюдений. Каждый шлих после промывки просматривается через лупу (на месте его взятия) для обнаружения наиболее легко диагностируемых полезных минералов, что важно для правильной ориентации поисков. Позднее, на базе партии (экспедиции) или в течение камерального периода шлихи просматривает минералог.

Радиометрическая съемка проводится портативными радиометрами, которыми может быть снабжен каждый съемщик. Результаты наблюдений фиксируются в специальном журнале под соответствующими номерами точек геологических наблюдений.

Металлометрическая съемка заключается в отборе образцов тонких по гранулометрическому составу осадков преимущественно из делювиальных и элювиальных отложений, с их последующим спектрометрическим изучением.

В процессе геоморфологической съемки необходимо произвести предварительную оценку перспектив изучаемого района на строительные материалы (глины кирпичные и огнеупорные, песок, гравий, галька, минеральные краски и др.) и другие полезные ископаемые, связанные с рыхлыми отложениями (например, торф, бурые железняки, россыпи различных полезных минералов, лигниты и др.).

Полевую геоморфологическую карту составляют в процессе съемки. При этом используют результаты непосредственного изучения рельефа в поле, аэрофотоснимки, топографические карты. Границы картируемых форм, морфогенетических типов, генетически однородных поверхностей (граней) рельефа (или каких-либо других таксономических категорий) наносятся в маршруте каждым съемщиком на личный рабочий экземпляр полевой геоморфологической карты карандашом средней твердости. Основой карты обычно является топокарта, разрезанная и наклеенная на полотно. Площади, ограниченные контурами, раскрашивают цветными карандашами по предварительно разработанной легенде (можно использовать также черные штриховые условные обозначения). Формы рельефа, не выражающиеся в масштабе, даются черными или цветными знаками, предусмотренными легендой (см., например, условные знаки в приложении 5). Возраст может быть показан индексами или другими способами (см. гл. VI). После возвращения из маршрута геоморфологической нагрузкой с рабочих карт переносят на чистовой экземпляр полевой геоморфологической карты, хранящийся на базе партии. При этом используют цветные карандаши и черную (несмываемую) тушь.

Подобным же образом составляют и другие полевые карты. Вначале отдельные съемщики собирают материалы и фиксируют это на рабочих картах, а затем переносят на чистовые экземпляры.

На карте фактического материала показывают линии маршрутов, местонахождения точек наблюдений, шурфов, канав, скважин, закопшек, линий горных выработок, нивелировочных профилей, мест находок ископаемых остатков животных и растений и т. д. На картах шлихового, металлометрического и радиометрического опробования наносят места взятия проб, а на шлиховой карте также и данные предварительного просмотра шлихов. Методика составления шлиховых карт изложена в гл. VII.

Таким образом, процесс геоморфологической съемки включает систематическую полевую камеральную обработку собранных материалов. Основная задача такой обработки — постоянное изучение этих материалов, выявление неясных вопросов и путей их решения. Полевые камеральные работы проводят в маршрутах ежедневно, на базе — после завершения маршрута и в специально выделенные дни. Ежедневная камеральная обработка в маршруте сводится к приведению в порядок записей, сделанных за день, обобщению их в виде выводов и заключений по морфологии, генезису и возрасту рельефа, приведению в порядок графических документов (рабочих карт, зарисовок, профилей, колонок и др.), дополнительной упаковке образцов (если в этом есть необходимость). На базе, после завершения маршрутов и в специально выделенные дни изучают полученные материалы, подводят итоги исследований и намечают дальнейшие задачи. Все данные с рабочих полевых карт переносят на чистовой экземпляр. Оформляют производственно-техническую и бухгалтерскую отчетность. Образцы упаковывают и, если возможно, отправляют в различные лаборатории. Специальные дни для камеральных работ, как

правило, следует выделять в дождливую погоду, когда полевые исследования невозможны или очень затруднены.

Заключительные маршруты посвящают выяснению нерешенных вопросов и освещению тех участков района, которые по каким-либо причинам остались недостаточно изученными.

Все сказанное выше относится преимущественно к методике геоморфологической съемки. Что касается тематических геоморфологических исследований, то способы их выполнения остаются теми же, но задачи их могут быть более узкими, углубленными и специализированными.

После завершения полевых исследований составляется краткий информационный отчет, в котором подводятся итоги проведенных работ.

Таким образом, результаты геоморфологической съемки фиксируются в следующих полевых материалах, которые в дальнейшем подвергаются камеральной обработке: 1) полевая геоморфологическая карта; 2) полевая карта четвертичных отложений *; 3) карты шлихового, металлометрического и радиометрического опробования *; 4) карта фактического материала; 5) сводная схема стратиграфии рыхлых отложений; 6) геолого-геоморфологические профили, полевые зарисовки рельефа и обнажений горных пород; 7) полевые дневники; 8) каталоги образцов; 9) журналы шлихового, металлометрического и радиометрического опробования; 10) фотоснимки и каталоги фотоснимков; 11) научно-техническая документация горных выработок (шурфов, канав, расчисток) и скважин; 12) коллекция образцов горных пород по всему стратиграфическому разрезу рыхлых отложений; 13) серии образцов, предназначенных для анализов; 14) полевой информационный отчет.

После полевых работ материалы оценивает комиссия по приемке полевых материалов, которая определяет степень их доброкачественности и пригодности для решения поставленных перед партией задач, а также оценивает соответствие выполненных работ проекту.

Полезные сведения по методике и технике полевых исследований содержатся в методических руководствах по геоморфологическим и геологическим исследованиям [8, 57, 63, 151, 221, 252, 271, 287, 394, 478, 482, 487, 495, 497] и различного рода справочниках [72, 184, 398, 399 и др.].

КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

В течение камерального периода изучаются, обрабатываются, систематизируются и обобщаются материалы, собранные по району исследований. В этих работах принимает участие основной научно-производственный и технический персонал партии. Ответственность за выполнение работ на высоком качественном уровне и в установленный проектом срок несет начальник партии, ответственный исполнитель темы или научный руководитель.

В начале камерального периода уточняется график сдачи образцов для анализов в лаборатории, подготовки и вычерчивания графиче-

* Если эти работы были предусмотрены проектом.

ских документов, составления глав отчета, распределяются обязанности между научно-техническим персоналом.

Наиболее важными задачами начала камеральных работ являются разборка коллекции, размещение образцов в коллекционные шкафы, отбор образцов для анализов и передача их в лаборатории (если это не было сделано в полевом сезоне). Соответствующим специалистам направляются коллекции остатков ископаемой фауны и флоры, археологические материалы, образцы для определения абсолютного возраста и др. Чем ранее сдаются образцы для анализов и определений, тем ранее будут получены результаты их изучения и тем на более высоком качественном уровне будут проведены камеральные работы.

Камеральная обработка коллекционного материала преследует такие цели: 1) изучение вещественного состава рыхлых отложений для решения вопросов палеогеографии и условий формирования рельефа (минералогические, химические, термические, гранулометрические, электронномикроскопические анализы рыхлых отложений, изучение их петрографического состава); 2) изучение материалов коллекций с целью определения возраста отложений и с ними связанных форм рельефа (спорово-пыльцевой, диатомовый анализы, определение крупных остатков растений, животных, определение абсолютного возраста, изучение археологических коллекций и т. д.); большинство перечисленных анализов дает также очень ценные материалы по палеогеографическим условиям формирования рыхлых отложений и форм рельефа и их изменениям во времени; 3) изучение проб для уточнения содержания или возможного обнаружения тех или иных полезных ископаемых (минералогический анализ шлихов, спектральный анализ металлометрических проб *, специальные анализы на бокситы, фосфориты и другие полезные ископаемые) или предварительное изучение образцов вновь открытых месторождений полезных ископаемых (анализы каолинов, кирпичных глин, минеральных красок, торфа и других полезных ископаемых).

Это неполный перечень анализов. Он может изменяться и дополняться в зависимости от необходимости решения тех или иных задач.

Сразу же после возвращения с полевых работ необходимо проявить сделанные в поле фотоснимки и сделать фотоотпечатки, необходимые для иллюстрирования отчета.

Одновременно с работами над коллекциями продолжается начатый еще в подготовительный период анализ опубликованных и рукописных материалов по району исследований. В случае необходимости они заново просматриваются, обдумываются в свете данных, полученных во время полевых исследований. Созданные ранее рабочие гипотезы тщательно анализируются на основе имеющихся материалов, а позднее и материалов лабораторных исследований.

В процессе дополнительного сбора материалов из опубликованных и рукописных источников делаются конспекты, выписки,

* Эти анализы выполняются обычно в поле. В случае необходимости может быть проведено дополнительное изучение шлихов (количественный и качественный анализы).

составляются библиографические карточки. Изучаются картографические материалы, снимаются копии с различных графических документов, необходимых для составления текста отчета и карт.

После получения результатов анализов, уточнения определения пород, их состава в полевые дневники вносятся необходимые поправки. Если определения пород меняются, то старое название не стирается, а перечеркивается, а новое пишется сверху. Все поправки вносятся таким образом, чтобы можно было восстановить первоначальную запись. Дополнения делаются на незаполненных (левых) страницах дневников.

С первых же дней камеральных работ необходимо начать составление графических и иллюстративных материалов, прилагаемых к отчету. Важное значение имеет подготовка топографической основы для геоморфологической карты. Требования к ее содержанию изложены в гл. VI. На карту переносятся геоморфологические границы с полевых геоморфологических карт. Если при этом имеются изменения, то они должны быть обоснованы дополнительным дешифрированием аэрофотоснимков или результатами анализов.

Если карта предназначена к изданию, она оформляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к геологическим картам аналогичных масштабов и изложенными в соответствующих инструкциях [169, 170, 171]. Заголовок карты обычно помещается над верхней рамкой, легенда справа от восточной рамки (или слева от западной). Внизу размещаются блок-диаграммы или профили с их условными обозначениями. Текст легенды должен быть кратким, но давать четкое представление о характере закартированных объектов. Условные обозначения могут располагаться столбиком или в виде решетки с перекрещиванием двух перпендикулярных друг к другу ординат, по одной из которых (чаще всего вертикальной) располагаются генетические, морфологические или морфогенетические подразделения, а по другой (горизонтальной) — возраст объектов, изображенных на карте (см. гл. VI).

Геоморфологические карты сопровождаются профилями. Линии их проводятся по характерным направлениям, пересекающим различные элементы рельефа. Цель геоморфологического профиля — наглядно показать характер рельефа, соотношения различных по генезису, морфологии и возрасту элементов рельефа, выявить связи указанных элементов с геологическим строением района, тектоническими структурами и литологическим составом горных пород. Наиболее наглядны профили, составленные в виде блок-диаграмм (см. гл. II).

На полях карты рекомендуется помещать такие врезки, как карту-схему неотектоники, схему геоморфологического районирования, схему использованных материалов и т. д. Они составляются в мелких масштабах (так, например, на картах масштаба 1 : 200 000 — в масштабе 1 : 1 000 000, на картах масштаба 1 : 100 000 — в масштабе 1 : 500 000 и т. п.).

Окончательному оформлению подвергаются также и все другие карты, представление которых вместе с отчетом или объяснительными записками предусмотрено проектом (карты фактического материала,

карты шлихового, металлометрического, радиометрического опробования, карты четвертичных отложений и т. д.). Методика оформления этих карт изложена в инструкциях и методических руководствах по геологической съемке и связанным с ней специальным видам исследований.

Подготавливаются также и другие графические материалы: зарисовки характерных форм рельефа и обнажений, панорамные зарисовки, профили, схемы, стратиграфические разрезы, колонки. Результаты лабораторных анализов тоже можно представить в виде графических документов.

Отбираются наиболее точные и четкие фотоснимки, дающие представление о характере рельефа различных типов или различных участков изученной территории, эталонные аэрофотоснимки, геоморфологически отделимые на прилагаемых сверху кальках.

Камеральная обработка завершается составлением отчета объемом 100—150 страниц машинописного текста, содержащего следующие разделы: введение, основные географические сведения о районе, геоморфологическая изученность района, геологические условия формирования рельефа, физико-географические условия формирования рельефа, описание рельефа, история развития рельефа, полезные ископаемые и заключение. При геологической съемке, включающей и геоморфологическую съемку, геоморфологическим персоналом партии составляется геоморфологическая часть общего сводного отчета.

Во «Введении» даются сведения о местонахождении района исследований, целях и задачах работы, объеме запланированных и фактически выполненных исследований, о составе исполнителей, приводится характеристика условий работ, качества топокарт и аэрофото-материалов, описывается методика исследования.

Глава «Основные географические сведения о районе» освещает географическое положение, орографию, гидрографическую сеть, климат, почвы и растительность, население, экономику и пути сообщения района. Она может иллюстрироваться гипсометрической и орографической схемами, фотоснимками и рисунками.

В главе «Геоморфологическая изученность района» излагаются сведения о ранее проведенных исследованиях и история развития представлений о геоморфологическом строении района (с приложением схемы геоморфологической изученности).

Глава «Геологические условия формирования рельефа» содержит краткие сведения по геологическому строению изученной территории (стратиграфии, литологическому составу горных пород, условиям их залегания, разрывным и складчатым структурам и их значению для формирования рельефа). С большей детальностью излагаются материалы по стратиграфии, генезису, литологии и возрасту четвертичных отложений, которые при значительном объеме могут быть выделены в качестве самостоятельного раздела этой главы. Анализируется рельефообразующее значение и характер неотектонических движений и структур, процессы вулканизма, сейсмичность района.

Глава иллюстрируется схемами неотектоники, морфоструктур, фотографиями, зарисовками, вскрывающими связь рельефа с геологическим строением.

В главе «Физико-географические условия формирования рельефа» характеризуются современные физико-географические условия морфогенеза и их эволюция в геологическом прошлом в пределах изученного района.

«Описание рельефа» — основная глава отчета. Она включает характеристику геоморфологического строения исследованной территории по геоморфологическим областям, районам и типологическим единицам (объектам картирования), показанным на геоморфологической карте. В этой главе излагается методика составления карты. Текст иллюстрируется зарисовками, схемами, профилями, фотоснимками и т. п. Эта глава является, по существу, объяснительной запиской к геоморфологической карте.

В главе «История развития рельефа» характеризуются основные этапы истории развития рельефа. Текст иллюстрируется палеогеографическими схемами.

Общая характеристика месторождений полезных ископаемых, известных ранее и вновь обнаруженных на изученной площади, связанных с рельефом или четвертичными отложениями, составляет содержание главы «Полезные ископаемые». К ней прилагаются карта полезных ископаемых, карта результатов шлихового и металлотрического опробования и другие материалы. В этой главе оцениваются перспективы поисков полезных ископаемых, связанных с рельефом или четвертичными отложениями.

В «Заключении» формулируются основные выводы о научных и практических результатах работ и о направлении дальнейших исследований.

Отчет завершается списком использованной литературы и картографических материалов. В виде отдельных приложений идут таблицы результатов анализов, списки ископаемых флоры и фауны, заключения палеонтологов и другие материалы.

Что касается отчетов по тематическим исследованиям, то их содержание определяется задачами, решаемыми в процессе их выполнения.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ В НАУКУ И ПРАКТИКУ

Задача общегосударственного значения — внедрение результатов работ в науку и практику. Законченными можно считать только те работы, результаты которых дошли до потребителя. Наиболее важные из них: 1) практические рекомендации по поискам полезных ископаемых, сведения о вновь открытых рудопроявлениях и месторождениях и т. д.; 2) методические указания, новые методы и методики, дающие возможность быстрее и на более высоком качественном уровне, чем ранее, решать те или иные важные задачи; 3) научные материалы, выводы, гипотезы, теории, развивающие теоретические

основы геоморфологии и смежных с ней наук; 4) изобретения и открытия.

Результаты работ внедряются в науку и практику следующими способами: 1) размножение отчетов и графических приложений и рассылка их заинтересованным организациям; 2) составление краткой информации о результатах исследований (в том числе на перфокартах), размножение ее и рассылка заинтересованным организациям; 3) опубликование результатов работ в виде монографий, статей или информационных сообщений; 4) представление докладных записок и информационных сообщений по наиболее важным вопросам в производственные, плановые и научные организации (управления, тресты, комитеты, министерства, институты, лаборатории и т. д.); 5) подготовка к изданию и опубликование геоморфологических карт и объяснительных записок к ним; 6) доклады в территориальных геологических управлениях, трестах, институтах и других организациях, на совещаниях, конференциях, съездах.

Для установления обратной связи следует добиваться получения информации от потребителя о том, какой эффект в науке или на практике дало внедрение результатов исследований, степень, форма и продолжительность внедрения, какие имеются рекомендации, поправки, советы, пожелания в отношении дальнейших исследований. Подобная информация необходима для дальнейшего совершенствования и увеличения эффективности геоморфологических исследований.

Глава II

**ОБЩИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Прежде чем приступить к характеристике методов, применяемых в геоморфологических исследованиях, отметим, что следует различать методологию, методику и метод.

Методологией называют «учение о методе научного познания мира» (БСЭ, т. 27, с. 316). Под методом в данном случае понимается способ познания, исследования явлений природы и человеческого общества. Основой научного познания и революционного изменения природы и общества является марксистский диалектический метод. Таким образом, методология — это марксистская диалектика, наука о наиболее общих законах развития природы, общества, мышления. В другом понимании методология рассматривается как «совокупность приемов исследования, применяемых в какой-либо науке» (Там же).

Методикой называют «совокупность способов, методов, приемов для систематического, последовательного, наиболее целесообразного проведения какой-либо работы» (Там же, с. 314).

Метод — это «1) способ познания, исследования явлений природы и общественной жизни; 2) прием или система приемов трудовой деятельности» (Там же, с. 313).

При геоморфологических исследованиях используют геоморфологические, геологические, географические и геофизические методы. Их специфические сочетания, применяемые при решении различных научных и практических задач, обуславливают особенности методики различного рода геоморфологических исследований.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Морфографический метод заключается в объективной характеристике рельефа земной поверхности в виде текстового научного описания или изображения рельефа при помощи графических, фотографических и других способов. К графическим изображениям относятся, в частности, топографические, геоморфологические карты, зарисовки, блок-диаграммы и др., к фотографическим — аэрофотоснимки, фото-схемы, фотопланы, фотоснимки и др.

Морфометрический метод имеет целью дать количественную характеристику рельефа. При этом изучению подвергаются как формы рельефа земной поверхности, так и их изображения на топографических и других точных картах и планах, на аэрофотоснимках, стерео-

парах наземной стереофотограмметрической съемки и т. д. Используя различные приемы измерений, начиная от ручных и кончая автоматическими при помощи сложных приборов (например, стереоавтографов и др.), получают данные по размерам изучаемых форм рельефа, их абсолютным и относительным высотам, углам наклона склонов, площадям развития тех или иных форм, степени расчлененности и т. д. Нередко сведения по морфометрии оформляются в виде специальных морфометрических карт [391], например карт глубин эрозионного вреза, карт энергии рельефа и др.

Морфометрический метод широко применяется для поисков нефтегазоносных тектонических структур [270, 434]. Он основан на «изучении по топографическим картам рисунка долинной сети, асимметрии долин, водоразделов и бассейнов, а также на анализе специально составляемых карт: базисных поверхностей, остаточных высот, вершинных поверхностей и эрозионного размыва или «сноса» [434, с. 6].

Теоретическая основа этого метода состоит в следующем: если исключить формы рельефа, созданные под влиянием экзогенных факторов морфогенеза, то можно реконструировать исходную поверхность, деформации которой объясняются тектоническими движениями. Используя анализ речной сети, в частности порядки речных долин, отражающие разновозрастность последних (долины более высокого порядка древнее долин низких порядков), строят карты разновозрастных базисных поверхностей. Анализируя деформации последних и используя также и другие морфометрические материалы (карты остаточных высот, вершинных поверхностей и др.), устанавливают структуры, перспективные для поисков нефти и газа. Теоретические основы метода, предлагаемого В. П. Философовым [434], еще недостаточно обоснованы (см., например, их критику в статье С. И. Проходского [336] и др.), но применение его на практике позволило открыть ряд перспективных структур, в которых с помощью бурения найдены месторождения нефти и газа. Методика поисков перспективных на нефть и газ тектонических структур при помощи морфометрического метода разработана в настоящее время только для платформенных, равнинных областей (см. гл. VII).

Морфоструктурный метод. Многие формы рельефа обнаруживают связь с геологическими структурами, другие, наоборот, находятся в противоречии с этими структурами. Содержанием метода является анализ взаимоотношений рельефа и геологического строения: выявление случаев прямого соответствия форм рельефа геологическим структурам (так, плато связаны с горизонтально залегающими пластами горных пород, некоторые хребты имеют антиклинальное строение и т. д.); выявление форм рельефа, прямо не связанных с геологическими структурами (например, поверхностей выравнивания); выявление инверсионных форм рельефа (например, хребтов, имеющих синклинальное строение и др.) [405]. Подобный анализ позволит выделить формы, созданные пликативной или дизъюнктивной тектоникой, от переработанных денудацией, выявит формы рельефа, образующиеся при поднятиях, при погружениях, при спокойном тектоническом режиме, при колебательных тектонических движениях, позволит

установить режим тектонических движений и его изменения в геологическом прошлом.

Применение описываемого метода необходимо при морфоструктурном районировании рельефа и выделении геотектур, мегаморфоструктур и морфоструктур [52, 106], мегарельеф которых обусловлен в основном эндогенным морфогенезом.

Результаты морфоструктурного анализа могут изображаться на структурно-геоморфологических картах и картах морфоструктур (см. гл. VI).

Вариацией морфоструктурного метода является *морфонеотектонический метод* [252]. В его содержание входят анализ новейших движений и неоструктур, их соотношений с древними тектоническими движениями и геологическими структурами (изучение явлений унаследованности, инверсионного развития и т. д.), выявление типов неотектонических движений и неоструктур, анализ их соотношений с формами рельефа, выявление роли неотектонического фактора в истории развития рельефа на фоне его взаимоотношений с экзогенными факторами морфогенеза.

В результате исследований составляют неотектонические карты с показом типов неотектонических движений и неоструктур, суммарного эффекта деформаций за неоген-четвертичное время, реликтов поверхности выравнивания, районов денудации и районов аккумуляции (с изопахитами рыхлого покрова). Методика составления неотектонических карт разработана Н. И. Николаевым [281], Н. И. Николаевым и С. С. Шульцем [284] и другими авторами. Возможно составление неотектонических карт на различные «срезы» неотектонического этапа. Подобный опыт, в частности, был проделан И. Л. Соколовским и Н. Г. Волковым [386] на примере юго-запада Русской платформы. Однако методическая основа этого опыта не безупречна. Авторы использовали метод анализа превышений террасовых ступеней и соответствующих им геоморфологических уровней над межечным уровнем главнейших рек. Однако эрозионные врезы или высота террас по своим абсолютным значениям не соответствует аналогичным же амплитудам неотектонических движений. Они отражают лишь направленность этих движений. Кроме того, в ряде случаев эрозионные врезы обусловлены вовсе не тектоникой, а климатическими изменениями (увеличение или уменьшение влажности и т. д.), явлениями речных перехватов и другими причинами.

Некоторые исследователи рекомендуют составлять карты тектоизогипс — линий равных значений тектонических деформаций. Для этого, используя топографические, геологические, тектонические, геоморфологические карты, восстанавливают тектонический рельеф земной поверхности, т. е. тот рельеф, который существовал бы при отсутствии процессов экзогенного морфогенеза. Поэтому при реконструкции тектонического рельефа исключают все формы, созданные экзогенными агентами (речные долины, кары, цирки, карстовые формы и т. д.). Этот метод может дать хорошие результаты лишь в районах восходящего развития рельефа, где неотектонические движения были особенно активными и где сохранились реликты исход-

ных форм рельефа (например, исходной поверхности выравнивания). Он неприменим для территорий развития денудационного рельефа, в которых господствует спокойный тектонический режим и в которых преобладают экзогенные рельефообразующие процессы. Изолинии на неотектонических картах представляют собой описываемые тектоизогипсы.

Метод геоморфологического математического анализа. Сущность метода — выразить математически закономерности процессов морфогенеза и созданных последними форм рельефа, например, построить математические модели профилей склонов, профиля равновесия реки, выразить в ряде уравнений закономерности водной и ветровой эрозии и т. д. [124, 126, 150, 413, 456].

Одним из вариантов этого метода является *морфо-статистический анализ* — применение статистики для исследования морфологических особенностей рельефа (например, анализ террасовых рядов по С. В. Лютцау [238]).

Метод сравнительно-морфологический — один из основных в геоморфологических исследованиях. Предназначен для определения изучаемых форм рельефа на основе их сравнения с аналогичными формами, исследованными в других районах, а также для установления черт сходства и различия между однотипными формами рельефа, обуславливаемыми локальными особенностями экзо- и эндогенезиса. Помимо морфологической диагностики форм рельефа этот метод используется также для определения их генезиса, так как особенности морфологии часто связаны с генезисом форм рельефа. Определение форм рельефа по морфологическим особенностям должно подкрепляться также и другими методами, так как в ряде случаев сходные морфологически формы могут иметь различное происхождение.

Историко-морфологический или палеогеоморфологический метод заключается в изучении истории развития рельефа как существующего на земной поверхности, так и погребенного и уничтоженного. Этот метод используется всегда в комплексе с геологическими методами, особенно при изучении истории развития погребенного и уничтоженного рельефа. Изучение рельефа, ныне существующего на земной поверхности, с помощью этого метода сводится к анализу соотношений между различными формами рельефа и их ассоциациями для установления последовательности их образования и развития, а следовательно, и установления их возраста, и в конечном итоге выделения этапов истории развития рельефа. Этот метод лежит в основе выявления генетических рядов, т. е. рядов форм, родственно связанных друг с другом и представляющих последовательные стадии развития.

При исследовании погребенного рельефа, вскрываемого в эрозионных врезках речных долин, абразионных уступах, тектонических уступах, наряду с геоморфологическими методами большую роль играют геологические методы (литолого-фациальный анализ, изучение вещественного состава отложений, растительных остатков и остатков фауны, определение относительного и абсолютного возраста отложений и др.), анализ тектонических движений и структур,

геофизические методы. При изучении погребенного рельефа, вскрываемого буровыми скважинами, и при реконструкции уничтоженного рельефа геологические методы играют основную роль [85].

Некоторые исследователи ограничивают палеогеоморфологический метод изучением погребенного рельефа, другие — реконструкцией морфологических особенностей погребенных поверхностей преимущественно в платформенных областях. В последнем случае в разрезах или каротажных диаграммах скважин выше изучаемой поверхности выбирается опорный стратиграфический горизонт, положение которого принимается за горизонтальное. От его кровли (или подошвы) вниз по вертикали по линии профиля или разреза откладываются расстояния до реконструируемой поверхности. Последняя получается путем соединения нижних концов перпендикуляров [199, 207].

Результаты историко-морфологического или палеогеоморфологического анализа рельефа излагаются в виде отчетов, монографий, статей по истории развития рельефа [22, 403] или находят отражение на палеогеоморфологических или палеогеографических картах [15].

Метод анализа геоморфологических циклов основан на явлении цикличности в истории развития рельефа, которая находит отражение в закономерной смене одних ассоциаций рельефа другими, причем исходной и завершающей формой являются полигенетические поверхности выравнивания. В начале геоморфологического цикла исходная полигенетическая поверхность выравнивания приподнимается, деформируется и расчленяется; возникает контрастный рельеф (в складчатых областях горного характера), испытывающий восходящее развитие. Во второй половине цикла — фазе нисходящего развития — происходят выравнивание рельефа в установившихся в это время спокойных тектонических условиях и образование новой полигенетической поверхности выравнивания.

Описываемый метод используется для выявления геоморфологических циклов, существовавших в истории развития изучаемой территории, определения их количества, возраста и установления особенностей развития каждого из них. Он имеет практическое значение, давая возможность реконструировать условия образования осадков, а следовательно, и осадочных месторождений полезных ископаемых. В качестве примера можно привести работы, выполненные на основе этого метода [21, 262, 263, 450, 451, 452].

Метод анализа геоморфологических уровней, предложенный К. К. Марковым [247], основан на том, что каждому экзогенному процессу (или группе процессов) соответствует свой геоморфологический уровень. По К. К. Маркову, основными из них являются: 1) уровень океана, на котором формируется абразивно-аккумулятивная платформа, 2) уровень эрозионного пенепплена, 3) уровень снеговой границы, 4) уровень вершинной поверхности гор. «Если бы земная кора была неподвижной, — указывает К. К. Марков [247, с. 128], — каждый геоморфологический уровень принял бы характер сферы, концентрически облекающей поверхность земного геоида». Но земная кора испытывает колебания, деформирующие указанные

уровни. Поэтому те уровни, которые мы изучаем на земной поверхности, созданы в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов морфогенеза. «Таким образом, — заключает К. К. Марков [247, с. 128], — изучение геоморфологических уровней может стать основным методом изучения взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов или, проще говоря, основным методом теоретической геоморфологии». Как указывает А. И. Спиридонов [394], описываемый метод предполагает необходимость взаимной увязки и сопоставления различных форм рельефа (например, речных и морских террас, поверхностей выравнивания и т. д.). Поэтому он важен не только для реконструкции движений земной коры, но и для решения вопросов генезиса, возраста и истории развития рельефа.

Метод анализа полигенетических поверхностей выравнивания предложен впервые Ю. А. Мещеряковым [259]. Это поверхности различного генезиса, они длительно формируются в условиях полной компенсации эндогенных процессов экзогенными и в конечном итоге приближаются по форме к уровненным поверхностям гравитационного поля Земли. Такие поверхности являются формой рельефа, завершающей геоморфологический цикл. Они формируются при спокойном тектоническом режиме. На месте горных стран вследствие разрушения гор образуются субаэральные поверхности денудационного выравнивания. Кластический материал, коллоиды и хемогенный материал, выносимые из области денудации, откладываются в областях аккумуляции, образуя аккумулятивные речные, озерные и морские равнины. Если эти равнины формируются на уровне единого общего базиса эрозии (уровне моря), они образуют полигенетическую поверхность выравнивания. В дальнейшем при возобновлении тектонических движений она деформируется.

Анализ этих деформаций, время их возникновения, реконструкция первичной поверхности и времени ее формирования и составляют содержание метода. Таким образом, применение последнего дает возможность установить в изучаемом районе чередование эпох спокойного тектонического режима и фаз тектогенеза, их возраст, оценить значение эндогенных и экзогенных факторов морфогенеза в различные этапы геологической истории. Анализ упрощается, если в исследуемом районе имеется только одна поверхность, и усложняется при наличии реликтов нескольких полигенетических поверхностей выравнивания.

Описываемый метод тесно связан с методом анализа геоморфологических циклов и может применяться совместно с последним. Он используется и для изучения погребенных поверхностей выравнивания, т. е. при палеогеоморфологических исследованиях.

Метод регионального геоморфологического анализа. Его сущностью является изучение особенностей географического распространения форм рельефа и их комплексов в пределах изучаемой территории (на основе как материалов полевых исследований, так и использования всех других имеющихся данных) и выявление закономерностей в их распределении. Последние обуславливаются определенными

соотношениями эндогенных и экзогенных факторов и их эволюцией в геологической истории.

Описываемый метод лежит в основе геоморфологического районирования — выделения геоморфологических стран, провинций, областей, районов. Общепринятого определения перечисленных таксонов нет. К. К. Марков [102, с. 17—18] понимает под провинциями «крупнейшие территории, отвечающие в основных чертах цельным геоструктурным единицам и характеризующиеся общими (в пределах каждой единицы) чертами рельефа» (примеры: Карпаты, Западно-Сибирская низменная равнина и др.). Области выделяются «не только по сходному генезису (геоструктуре), но и сходным чертам рельефа данной территории». И далее: «Районы представляют единицы, территориально обособленные, хотя и имеющие общие для всей области черты рельефа» [102, с. 18]. Определения стран К. К. Марков не дает. Другие исследователи относят провинции, выделяемые К. К. Марковым, к странам, снижая, таким образом, таксономический ранг первых.

Метод анализа аномальных падений рек. Его сущность — по изменению продольных профилей речных долин выявить направленность и интенсивность тектонических движений и охарактеризовать созданные ими структурные формы, т. е. в конечном итоге оценить значение тектонического фактора в формировании эрозионного рельефа. При решении этой задачи для рек изучаемого района строятся продольные профили. Исходные материалы берут с топокарт масштаба 1 : 100 000 и крупнее (места пересечения тальвегов долин с горизонталями и отметки уровня воды) или получают путем продольного профилирования с помощью нивелира или других геодезических инструментов. Затем на профилях выделяют участки с «аномально» большим падением [261] и наносят их на карту. В результате на последней выявляются участки рек с аномальным падением. Путем сравнения этой карты с геологической, тектонической и другими картами устанавливают причины аномальных перегибов профилей рек. Этими причинами могут быть неотектонические движения, изменение литологического или петрографического состава пород, увеличение расхода воды после впадения крупных притоков, большие излучины, пересечение рекой пород в различных направлениях по отношению к падению и простираюнию отложений и т. д. В конечном итоге выявляют те перегибы, которые обусловлены новейшей (современной) тектоникой. Их объединяют в зоны аномальных поднятий и подвергают анализу для выявления характера движений, типов неоструктур и особенностей отражения последних в рельефе.

Л. Е. Сегунская [375] и Н. Г. Волков [74] рекомендуют сравнивать реально существующие продольные профили изучаемых рек с их «нормальными профилями» или «геометрическими аналогами». Последние вычисляются по формулам, предложенным П. В. Ивановым [160]. Геометрически они представляют собою одну из ветвей параболы.

В результате сравнения реально существующих профилей с их теоретическими моделями выявляются участки с аномальными паде-

ниями. Л. Е. Сетунская [375] на основе полученных таким образом материалов рекомендует составлять «карты уклонов гидросети», а Н. Г. Волков — «карты изодеф», на которых линиями равных падений очерчиваются участки с аномальными значениями последних. В результате анализа карт и их сопоставления с другими картами можно выявить причины аномальных падений.

Однако формулы, предлагаемые для вычисления идеальных «нормальных» профилей рек, обычно являются эмпирическими или их отождествляют с геометрическими кривыми типа параболы [160, 456, 492]. Эмпирические, как отмечает К. К. Марков [247], не свободны от произвольных величин и не пригодны для установления универсальных зависимостей. Применение формул второго типа — не лучшее решение вопроса, так как идеальный продольный профиль реки не представляет собою правильной параболы (точнее, ее ветви).

Метод анализа факторов морфогенеза и их геоморфологического выражения может быть назван еще методом морфодинамического анализа. Он состоит в наблюдении за современными процессами морфогенеза и выявлении их связи с создаваемыми этими процессами формами рельефа. Этот метод необходим для определения генезиса рельефа. Так, например, происхождение сложных краевых ледниковых форм рельефа может быть раскрыто наблюдениями за рельефообразующей деятельностью процессов, происходящих по периферии ныне существующих ледников. Пользуясь полученными в результате подобного изучения данными, можно решить вопросы генезиса более древнего, реликтового, рельефа.

Метод геоморфологического эксперимента используется для подтверждения сделанных ранее теоретических выводов или для установления новых закономерностей в формировании рельефа того или иного происхождения. Способы экспериментальных исследований весьма различны в зависимости от поставленной задачи. В работе Н. И. Маккавеева и др. [479] описываются и анализируются опыты по рельефообразующему значению действия руслового потока. Экспериментальные исследования могут проводиться как в лаборатории, так и непосредственно в поле, на опытных полигонах или специально созданных установках.

Число геоморфологических методов этим не исчерпывается. Описаны лишь наиболее важные из них. Некоторые частные методы будут рассмотрены ниже, при анализе вопросов, связанных с изучением морфографии, морфометрии, возраста и генезиса рельефа.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

В геоморфологических исследованиях геологические методы широко используются для познания морфологических особенностей рельефа (преимущественно палеорельефа, погребенного или уничтоженного), его генезиса, возраста и истории развития. Применение геологических методов в геоморфологии основано на той тесной взаимосвязи, которая существует между рельефом и геологическим строением. Формы ее разнообразны. Аккумулятивные формы рельефа

синхронны и сингенетичны отложениям, слагающим их. Поэтому, изучая последние, исследователь получает возможность судить о времени возникновения и генезисе тех форм рельефа, которые связаны с этими отложениями. Выработанные формы образуются на более древнем геологическом субстрате, чем возраст этих форм. И в этих случаях, особенностью субстрата нередко отчетливо сказываются в рельефе, обуславливая возникновение специфических черт. Уничтоженный к настоящему времени рельеф может быть реконструирован по геологическим данным. Важнейшее, чаще решающее значение в морфогенезе имеют тектонические движения. В рельефе весьма значительно сказывается влияние геологических структур, как древних, так и активно развивающихся. Коррелятивные отложения дают возможность определить время и условия формирования того рельефа, за счет разрушения которого они образовались. Приведенные примеры показывают важнейшее значение, которое имеют геологические методы в геоморфологических исследованиях.

Ниже рассматриваются методы, наиболее часто употребляемые при геоморфологических (и в особенности палеогеоморфологических) исследованиях. К их числу относятся методы: анализа петрографо-минералогического состава горных пород, валунный, литолого-фациальный анализ, структурно-фациальный, анализа тектонической структуры, анализа мощностей, объемный, гранулометрического анализа, химический, термический, рентгеноструктурный, электронномикроскопический, анализа текстур осадочных пород, стратиграфический, анализа стратиграфических перерывов и несогласий, палеонтологический, геохимические и др.

При составлении этого раздела в значительной степени использован труд Л. Б. Рухина [356].

Метод анализа петрографо-минералогического состава горных пород. Он широко применяется при изучении рыхлых отложений, слагающих формы наземного рельефа, а также при решении многих вопросов, возникающих при реконструкции древнего, ныне уничтоженного рельефа в областях древней денудации.

Как отмечают Л. В. Зорин, Е. М. Малаева и Н. Г. Судакова [157], предпосылки анализа состоят в следующем:

1) в установлении соотношений и связи областей сноса и аккумуляции, где формируются различные терригенно-минералогические провинции. Если они не менялись в геологическом прошлом, задача анализа облегчается, если менялись — существенно осложняется. В последнем случае необходимо выявить новые минеральные комплексы, связанные с новыми областями питания;

2) в установлении количественных соотношений между устойчивыми и неустойчивыми по отношению к процессам выветривания минералами;

3) в установлении новообразований вторичных минералов (наложение явлений гипергенеза), дающих возможность выявить колебания условий и обстановки осадконакопления;

4) в определении комплексов тонкодисперсных минералов, дающих представление о физико-химических условиях среды.

Петрографо-минералогический анализ используется при палеогеоморфологических исследованиях для определения положения древней суши и путей сноса терригенного материала [25]. Для этого анализируют петрографо-минералогический состав кластических отложений области седиментации, сравнивая его с особенностями состава горных пород предполагаемой области питания (или области денудации).

Пользуясь этим методом, определяют положение границ области древней денудации (суши). Приближение к суше регистрируется увеличением в коррелятивных отложениях минералов, неустойчивых к процессам выветривания (полевых шпатов, оливина, пироксенов, известняка, обломков эффузивов и т. д.), увеличением содержания и концентрации минералов тяжелой фракции (однако оно может обуславливаться и другими причинами, например, влиянием материнской породы, в частности гранитов, в которых содержание этих минералов выше, чем в осадочных отложениях, новообразованиями сингенетичных и диагенетических минералов и т. д.). С приближением к древней суши укрупняется гранулометрический состав (например, увеличивается содержание песчаных и алевритовых частиц, тонкокластические осадки замещаются песчаниками и конгломератами). Об этом же свидетельствуют увеличение содержания каолинита (так как этот минерал образуется на суше, в кислой среде), возрастание примеси глинистых пород в известняках, увеличение примеси компонентов континентального происхождения (фюзена, кларена, ксилена, сапроцелита) в углях и т. д.

По составу отложений можно судить о характере рельефа древней суши, к настоящему времени уничтоженного. Так, например, наличие в осадках области седиментации свободного глинозема, каолинита, сингенетичных кремней и карбонатных отложений может говорить о равнинности рельефа областей питания. На значительную расчлененность рельефа указывают увеличение содержания минералов, неустойчивых к процессам выветривания, возрастание размеров обломков горных пород и уменьшение степени их окатанности.

По составу отложений областей седиментации можно судить о геологическом строении питающих их областей денудации, а это в свою очередь дает возможность восстановить древний рельеф. При этом обычно основываются на соотношениях между геологическим строением и формами рельефа. Так, например, развитие в области денудации вулканогенных пород может свидетельствовать о наличии в прошлом в этом районе вулканогенных форм рельефа, а наличие равнинного рельефа может быть связано с распространением основных эффузивов, карстовых форм с развитием известняков и доломитов и т. д. По В. П. Батурину [25], при разрушении осадочных пород терригенные отложения обогащаются цирконом, рутилом и турмалином; ультраосновных пород — пироксеном, шпинелью (преимущественно пикотитом) и хромитом; метаморфических пород — дистеном, ставролитом, силлиманитом, гранатом; основных и средних эффузивов — пироксеном и роговой обманкой; гранитоидов —

цирконом, биотитом, сфеном и апатитом. Более детальный список минеральных ассоциаций, образующихся при разрушении различных пород, дает Ф. Петтиджон [498]: обломочные породы — кварц, кремневые зерна, лейкоксен, турмалин, циркон, реже глаукоцит, обломки кварцитов, рутил; слабо метаморфизованные породы — обломки филлитов, глинистых сланцев, кварц, обломки кварцитов (метаморфического типа), турмалин (преимущественно коричневого, с включениями карбонатов), реже биотит, мусковит, хлорит, лейкоксен; сильно метаморфизованные породы — гранат, кианит, магнетит, роговая обманка (голубовато-зеленая), силлиманит, ставролит, эпидот, цоизит, реже андалузит, мусковит, биотит, кислые плагиоклазы; кислые интрузивные породы — апатит, биотит, кварц, микроклин, магнетит, циркон, реже монацит, серпентин, хромит; пегматиты — альбит, гранат, мусковит, турмалин, флюорит, реже монацит, микроклин и топаз.

При изучении этих ассоциаций в осадках, коррелятивных денудиремым породам в области сноса, необходимо учитывать: 1) характер рельефа (чем меньше расчлененность и чем более плоской формы рельеф, тем более тонкие осадки выносятся и тем меньше в них неустойчивых минералов); 2) степень устойчивости материнских пород (чем устойчивее породы, тем большее количество кластического материала, при всех прочих равных условиях, они дают); поэтому по объему отложений трудно судить о масштабах распространения материнских пород; 3) изменение ассоциаций в геологическом разрезе (что позволяет регистрировать вскрытие денудацией в области сноса новых материнских пород). Представление о том, какими породами была сложена область денудации, важно для палеогеоморфолога, так как геологическое строение является важным фактором рельефообразования. Нередко особенности морфологии обуславливаются литологическим и петрографическим составом горных пород.

Метод выделения терригенно-минералогических провинций [25] помогает реконструировать древнюю речную сеть в областях денудации. Для этого выявляют характерные терригенно-минералогические провинции в изучаемых песчано-алевритовых породах или терригенно-петрографические провинции при исследовании конгломератов. Каждая провинция обычно соответствует бассейну одной реки. Устье реки (особенно в морских отложениях) может располагаться не всегда посредине провинции. Выделение последних производится по минералам не только тяжелой, но и легкой фракций.

Окраска отложений иногда помогает реконструкции палеогеографических условий формирования древнего рельефа. Так, например, красноцветная формация осадочных континентальных отложений в некоторых случаях свидетельствует о пустынных условиях, господствовавших во время их образования, белесые породы (каолиниты и некоторые другие) — об условиях теплого и влажного климата.

Анализ минералогического состава горных пород позволяет установить характер процессов гипергенеза, что важно при реконструк-

ции условий осадкообразования, а следовательно, и морфогенеза, так как процессы гипергенеза обладают специфическими особенностями в различных ландшафтно-географических зонах.

Изучая существующий ныне на земной поверхности рельеф, широко употребляют петрографо-минералогический анализ при корреляции его форм, сложенных рыхлыми отложениями (например, речных и морских террас и т. д.). Корреляция проводится на основе каких-либо характерных минеральных ассоциаций, наличия какого-либо специфического минерала и т. д.

Описываемый метод используется при решении вопросов стратиграфии. Геологические тела при этом коррелируются по сходству петрографо-минералогического состава, наличию характерных минеральных ассоциаций или отдельных руководящих минералов.

Петрографо-минералогический анализ применяется при реконструкции условий и истории рельефообразования. Так, например, изменение содержания устойчивых и неустойчивых к процессам выветривания минералов в геологическом разрезе указывает на изменение условий осадкообразования (климатические колебания или изменение тектонического режима). Наличие в низах разреза комплекса только устойчивых минералов (вместе с переотложенным каолинитом) свидетельствует о формировании отложений за счет размыта коры выветривания на смежной поверхности выравнивания. Увеличение вверх по разрезу неустойчивых минералов говорит о поднятиях и расчленении поверхности выравнивания. Описываемый метод широко применяется при поисках полезных ископаемых при помощи шлиховой и металлометрической съемок.

Валунный метод, разрабатываемый в СССР С. В. Яковлевой, представляет собою один из вариантов петрографо-минералогического анализа. С его помощью определяются пути движения древних ледников, существовавших на равнинах и в горах. Для этого используют руководящие валуны, сложенные какими-либо характерными породами, коренное местонахождение которых хорошо известно. Валунный метод также используется при поисках полезных ископаемых. В этом случае исходят из уже установленных путей движения древних ледников, прослеживая, откуда могли быть снесены валуны, содержащие то или иное полезное ископаемое.

Приведенные примеры показывают, что метод петрографо-минералогического анализа горных пород широко и разносторонне применяется при геоморфологических исследованиях.

Литолого-фациальный анализ дает много материалов для реконструкции древнего рельефа и его генезиса. Как правило, фации образуются в специфических геоморфологических условиях и обычно непосредственно связаны с создаваемыми в эпоху их формирования формами рельефа. Так, например, наличие ледниковых отложений говорит о распространении ледниковых форм рельефа, аллювиальные фации свидетельствуют о существовании древних речных долин и террас, кора выветривания полного профиля и значительной мощности обычно связана с древними поверхностями денудационного выравнивания, пески с диагональной слоистостью говорят о развитии

эолового рельефа, морские грубозернистые отложения свидетельствуют об их формировании в прибрежной зоне древнего морского бассейна и т. д. Однако при подобном анализе необходимо учитывать, что древние отложения обычно подвергаются в последующем размыву. Поэтому наблюдаемое распространение осадков обычно не отвечает первоначальному.

Смена фаций в определенном порядке помогает решать такие вопросы, как направление древнего сноса, определение границ морских бассейнов или суши. Так, например, смена мелководных морских фаций, лагунными, а затем аллювиальными или делювиальными свидетельствует о наличии древней суши и позволяет определить направление сноса обломочного материала.

Литолого-фациальный анализ дает много материалов для восстановления географических и геологических условий рельефообразования. Так, например, некоторые типы осадков характерны для районов засушливого климата (красноцветы, хемогенные осадки, эоловые отложения), другие — для влажного (каолиновые глины, латериты и т. д.). По характеру осадков можно судить и о температурном режиме (ледниковые отложения говорят о суровом климате, латериты — о тропическом и т. д.). Указания на климатические особенности и условия местообитания дают остатки представителей животного и растительного мира, содержащиеся в отложениях. Определенная последовательность фаций говорит о трансгрессиях или регрессиях морей.

Перечисленные примеры показывают ценность литолого-фациального анализа для определения географических условий формирования рельефа. Большой материал они дают и для реконструкции геологических условий морфогенеза. Так, например, некоторые фации дают указание на поднятия или погружения (молассы свидетельствуют о погружениях в районах их накопления и о существовании смежных районов воздыманий и т. д.), другие говорят о вулкано-генных проявлениях, на распределении третьих отражается наличие существовавших во время их формирования тектонических структур (например, зональное расположение фаций на крыльях антиклиналей) и т. д.

Смена фаций в геологическом разрезе позволяет судить об изменении физико-географических и геологических условий во время формирования отложений, вскрываемых в разрезе. Специфическое чередование фаций наблюдается в регрессивных и трансгрессивных сериях осадков. Многократное чередование в разрезах двух и более типов фаций говорит о ритмичности осадкообразования, вызванного экзогенными (например, сезонными или вековыми колебаниями климата) или эндогенными (например, колебательными тектоническими движениями) факторами.

Л. В. Зорин, Е. М. Малаева и Н. Г. Судакова [157] отмечают, что анализ соотношения фаций руслового и пойменного аллювия позволяет определять направление тектонических движений. Преобладание русловой фации (при нормальной или ниже нормы мощности аллювия) говорит о ведущей роли поднятий, а господство поймен-

ной фации свидетельствует о преимущественном погружении той депрессии, по которой протекает река.

Структурно-фациальный метод основан на том, что «различные структуры (чаще всего антиклинории и синклинории, реже отдельные складки) характеризуются по сравнению с окружающими районами неодинаковыми фациальными особенностями слагающих их отложений» [356, с. 75]. Пользуясь этой особенностью, можно оконтуривать районы древней суши или древних бассейнов по очертаниям различных структур, так как границы распространения некоторых фаций согласованы с ними.

Метод анализа тектонической структуры заключается в изучении тектонических движений различного характера (складчатых, разрывных, колебательных, эпейрогенических и т. д.) и создаваемых ими структурных форм (складок, антиклиналей, синклиналей, антеклиз, синеклиз, синклинориев, антиклинориев, горстов, грабенов, сбросов, надвигов, глубинных разломов и т. д.). Это изучение может быть типологическим, когда описываются и классифицируются различные типологические категории движений и структурных форм, и региональным, если исследуются и выделяются единицы геотектонического районирования разного таксономического ранга.

Типологический анализ тектонических движений и структурных форм, отражающихся в рельефе, лежит в основе структурной геоморфологии (или морфотектоники), изучающей развитие рельефа в зависимости от эндогенных факторов морфогенеза. Он необходим при проведении геоморфологических исследований и является частью описанных выше морфоструктурного и морфонеотектонического методов.

Геотектоническое (и в особенности неотектоническое) районирование лежит в основе выделения таких таксономических категорий геоморфологического районирования, как геоморфологическая страна, провинция и др., мегарельеф которых обусловлен эндогенными факторами (типами геоструктурных элементов, характером тектонических движений и др.).

Одна из задач тектонического анализа — изучение древних тектонических структур, вскрываемых современным денудационным срезом. Подобный анализ позволяет решить такие вопросы, как влияние древних структур на рельеф, унаследованность форм рельефа от тектонических структур, развитие инверсионных форм, последовательность образования структурных форм и т. д., а также разработать схему геотектонического районирования.

Другой задачей тектонического анализа является изучение тектонического строения в разрезе земной коры на глубину, доступную для «разрешающей способности» применяемых методов (визуальные наблюдения, бурение, геофизические методы), чтобы проследить особенности тектонического развития изучаемого района во времени, выделить важнейшие структурные этажи, характер и степень дислоцированности в каждом из этажей, установить количество фаз геотектогенеза и определить их возраст. Полученные результаты

используются для реконструкции палеорельефа изучаемого района и истории его развития.

Описываемый метод применяется в виде непосредственного полевого изучения исследуемого региона или в виде изучения уже составленных ранее геотектонических карт и сопоставления последних с другими картами (геоморфологической, топографической, геологической) с привлечением материалов полевых исследований.

Метод тектонического анализа имеет важнейшее значение для геоморфологических и особенно палеогеоморфологических исследований. Выше изложены лишь некоторые примеры его использования в геоморфологии, не исчерпывающие всего круга проблем, решаемых с его помощью. Основы тектонического анализа изложены в руководстве [255].

Метод анализа мощностей. Широко применяется при геоморфологических исследованиях. Его основу составляет сравнение реально наблюдаемых мощностей отложений с предполагаемыми нормальными мощностями речной, озерной, делювиальной, пролювиальной и других генетических типов аккумуляции. Превышение измеренных мощностей над нормальными обычно объясняют тектоническими погружениями. Наоборот, сильно сокращенные мощности (по сравнению с нормальными) рассматриваются как признак тектонических поднятий. Иногда эти изменения имеют региональный характер, в других случаях они локализируются в небольших участках (например, на отдельных отрезках долин). Поэтому, прослеживая изменение мощностей отложений на местности, можно выявить районы, подвергавшиеся тектоническим поднятиям или погружениям.

Анализ мощностей успешно применяется при решении палеогеоморфологических задач. Пользуясь им, можно установить амплитуды древнего рельефа. Так, например, если отложения какого-либо возраста имеют небольшую * мощность, то можно предполагать, что рельеф питающей провинции был невысоким или поднятия в области денудации были незначительными. Наоборот, значительная * мощность отложений дает возможность считать, что питающая провинция подвергалась энергичным поднятиям значительной амплитуды и, следовательно, имела более высокий и более расчлененный рельеф, чем в первом случае. Кроме того, анализ мощностей дает возможность судить о характере, направленности, интенсивности и амплитудах тектонических движений [31, 32, 94].

Метод анализа мощностей может помочь в установлении границ древней суши. Приближение к ней сказывается уменьшением мощности отложений, вплоть до полного выклинивания последних. Однако подобный анализ нередко затрудняется последующим размывом.

Метод анализа мощностей применяется в платформенных областях для реконструкции палеорельефа и снятия искажающего влияния последующих тектонических деформаций. Для этого выбирается маркирующий, хорошо прослеживаемый, залегающий над погребен-

* При этом следует учитывать факторы, влияющие на изменения мощности отложений (литологический состав, длительность осадконакопления и др.).

ным рельефом горизонт, возраст которого палеонтологически обоснован. Затем в возможно большем количестве точек замеряется мощность отложений, залегающих между кровлей указанного маркирующего горизонта и поверхностью реконструируемого рельефа. При интерпретации полученных результатов принимается, что в период осадкообразования поверхность (кровля) маркирующего горизонта залегала горизонтально. При этом допущении замеры мощностей дают представление об относительных высотах древнего рельефа. Описываемый метод дает хорошие результаты для небольших площадей, так как на обширных территориях поверхность формирующегося (маркирующего) пласта не бывает никогда строго горизонтальной. Описанный метод применяли А. С. Корженевская [199] для реконструкции древнего рельефа при исследованиях в Селижаровском и Осташковском районах Калининской области, В. А. Котлуков [207], Н. И. Марковский [248] для нижнекарбонового рельефа центральной части Русской платформы и другие исследователи [356].

По мнению Л. Б. Рухина [356], погребенный рельеф можно также реконструировать по карте изопахит для времени формирования толщи, лежащей между погребенной поверхностью рельефа и опорным горизонтом [148].

Анализ соотношения фаций с их мощностью [356] помогает снять тектонические искажения с древнего рельефа. Могут быть следующие случаи: 1) если над положительными и отрицательными формами залегают отложения одинакового фациального состава и мощность их не меняется в значительных пределах, то в разрезе наблюдается не погребенный рельеф, а формы, созданные тектоникой; 2) если над положительными и отрицательными формами залегают фациально различные отложения, а разность их мощностей соответствует предполагаемой разности высот древнего рельефа, то последний не искажался во время осадконакопления; 3) если над положительными и отрицательными формами погребенного рельефа залегают фациально неодинаковые отложения, но мощность их аномально велика (по сравнению с предполагаемой на основании характера отложений), то рельеф искажен дифференциальными тектоническими движениями, и его реконструируемый облик необходимо строить с учетом поправок на тектоническое искажение.

Объемный метод А. Б. Ронова [353] может быть применен для определения средней высоты суши, подвергавшейся размыву в области денудации. Для этого необходимо знать площадь суши S_p , которую можно определить по карте, и объем снесенного с нее кластического материала $V_{тер}$. Объем определяется из двух показателей: площади накопления осадков S_0 и их мощности h . Средняя величина поднятия $h_{подн}$ за изученный интервал времени

$$h_{подн} = \frac{V_{тер}}{S_p}.$$

Значение $h_{подн}$ будет преуменьшенным вследствие того, что в указанных расчетах не принят во внимание объем химической денудации.

Метод гранулометрического анализа применяется при решении ряда палеогеоморфологических вопросов. Пользуясь этим методом, можно определить характер гидродинамического режима тех водоемов, в которых происходило осадкообразование, т. е. в конечном итоге реконструировать условия образования форм рельефа, связанных с водными бассейнами.

Как правило, чем грубее осадки, тем выше интенсивность переноса. Последняя зависит как от водности (мощности) потока, так и от наклона речного русла. Как указывают Л. В. Зорин, Е. М. Малаева и Н. Г. Судакова [157], причину укрупнения гранулометрического состава осадков можно выяснить только при анализе данных гранулометрии в сравнении с мощностями отложений. При поднятиях формируются грубокластические базальные горизонты. Сравнивая несколько базальных горизонтов в террасовых комплексах, формирующихся при поднятиях, можно выявить колебания интенсивности переноса осадков. Опускания выполаживают продольный профиль реки и тем самым снимают влияние тектонического фактора на укрупнение гранулометрического состава. Поэтому увеличение размеров кластического материала в одних слоях по сравнению с другими в данном случае может оцениваться как следствие увеличения интенсивности переноса в результате возрастания водности потока. Колебания водности потока и наклона тальвега долины при поднятиях оцениваются изменениями мощности тех или иных фаций аллювия в геологическом разрезе изучаемого участка речной долины.

Гранулометрический анализ применяется и при решении других вопросов палеогеоморфологии. В ряде случаев гранулометрический состав позволяет судить о характере уничтоженного рельефа областей денудации. Чем положе рельеф, тем тоньше по гранулометрическому составу материал, сносимый с него. Средний гранулометрический состав отложений по мере приближения к границе суши становится все более и более грубозернистым, что позволяет использовать этот признак для определения указанной границы. При этом гранулометрическому изучению должны подвергаться однородные в фациальном отношении отложения. Кроме того, наличие по периферии области сноса грубообломочных отложений (например, галечников, конгломератов) свидетельствует о значительной расчлененности древнего рельефа, существовавшего в этой области.

А. В. Хабаков [437] разработал метод определения приближенных высот древнего рельефа области сноса, используя соотношения между гранулометрическим составом аллювия, уклонами и длинами рек. Размеры области сноса позволяют определить приблизительную длину реки, характер отложений дает возможность установить величину уклона *, при котором происходит седиментация осадков данного гранулометрического состава. Умножив длину реки на величину уклона, получаем абсолютные высоты области сноса. Однако

* Уклон долины (реки) — средняя величина падения долины (реки), отнесенная к единице ее длины.

оценка высот весьма приближительна, так как уклоны реки меняются в продольном профиле весьма значительно. Кроме того, транспортирующая способность рек зависит от их водной массы.

Анализ степени окатанности помогает установить направление сноса и расположение древних областей денудации. При этом используется тот факт, что степень окатанности уменьшается при приближении к области сноса. Для получения сравнимых результатов необходимо анализировать обломочные частицы одних и тех же или сходных по степени устойчивости пород.

При геоморфологических исследованиях применяются и другие методы изучения вещественного состава. Среди них нужно указать *химический, термический, рентгеноструктурный анализы и электронномикроскопический метод*. Они имеют целью диагностику тех или иных минералов в изучаемых разрезах, определение валового химического состава горных пород и его изменения по разрезу, изучение миграции элементов в тех или иных частях разреза земной коры и т. д.

Данные, полученные этими методами, могут использоваться для выявления условий рельефообразования (кислотности среды, влажности, термического режима и т. д.) и их изменений во времени. В последнем случае исследованию подвергаются не единичные пробы, а серии образцов из сплошного разреза. Для получения сравнимых результатов должны изучаться однотипные отложения. Результаты анализов могут быть использованы также для установления связей горных пород с определенными формами рельефа (так, например, образование стратовулканов, лавовых конусов, шлаковых конусов и построек типа вулканов Пеле связано со специфическими типами вулканогенных пород).

Метод анализа текстур осадочных пород позволяет определить направление сноса и расположение денудированных областей. Для этого используют замеры азимутов линий падения косо́й слоистости в песках и песчаниках и замеры ориентировки галек в галечниках и конгломератах. Если породы дислоцированы, вносят поправки за наклон пластов, используя сетки Вульфа [61, 356]. Наиболее надежные замеры получают при изучении аллювиальных песков. Замеры в отложениях других генетических типов или непригодны для решения поставленной выше задачи, или должны подвергаться более сложному и тщательному анализу с подразделением по типам косо́й слоистости [356].

Изучение косо́й слоистости необходимо при определении генезиса песков. Хотя она почти одинакова в речных и эоловых отложениях, но мощность косослоистых серий в первых обычно не превышает 1—1,5 м, а во вторых значительна, достигая местами 30 м. Кроме того, в эоловой косо́й слоистости углы падения менее постоянны, чем в речной. В эоловых песках зерна обычно окатаны лучше, чем в речных. По данным французских исследователей, об эоловом происхождении песков можно говорить в том случае, если количество округленных матовых зерен в них превышает 50%.

В речных отложениях гальки располагаются длинной осью поперек течения и падают навстречу течению, а в морских осадках длинная ось галек параллельна берегу, сами же гальки падают в сторону моря. На этом основано использование замеров ориентировки длинных осей галек. Замеры должны быть многочисленными и контролироваться другими методами. Измеряют горным компасом или на гониометре системы А. В. Хабакова.

В тиллитах и моренах длинная ось валунов располагается параллельно направлению движения ледника.

Описываемый метод иногда может употребляться и при расшифровке климатических условий. Так, например, горизонтальная слоистость может говорить о сезонных изменениях климата (ленточные глины) или о сезонных изменениях влажности (слоистость в некоторых дельтовых отложениях и т. д.).

Наличие на поверхности пластов полигональной системы трещин указывает на существование в прошлом холодного (полярного) климата или жаркого (засушливого). Наличие земляных клиньев и криотурбаций свидетельствует о существовании перигляциальных условий. Находки эоловых многогранников, погребенных грибообразных форм могут говорить о важном рельефообразующем значении ветров.

Стратиграфический метод используется для установления последовательности напластования горных пород, их возраста, условий осадконакопления. Этот метод позволяет выявить основные этапы седиментации и вообще геологической истории изучаемого района, с которой теснейшим образом связана и история развития рельефа. Стратиграфический метод дает возможность установить смену геосинклинальных или морских платформенных условий континентальным режимом; переслаивание межледниковых и ледниковых отложений указывает на смену межледниковых и ледниковых эпох; переслаивание морских и континентальных осадков свидетельствует о чередованиях трансгрессий и регрессий и т. д.

Метод анализа стратиграфических перерывов и несогласий позволяет делать существенные выводы о характере древнего рельефа и истории его развития. В горизонтально залегающих породах о наличии перерыва говорит резкая смена фаций или выпадение из разреза отложений какого-либо возраста. В дислоцированных породах о перерыве свидетельствует угловое несогласие между подстилающими и перекрывающими породами.

Изучение перерывов позволяет установить, отвечают ли они времени подводного или субаэрального формирования рельефа (по характеру поверхности размыва или денудации и связанных с ней рыхлых отложений). Длительность перерыва, устанавливаемая по возрасту наиболее молодых из подстилаемых отложений и наиболее древних из перекрываемых осадков, соответствует времени формирования подводного или субаэрального рельефа. Поверхность несогласия или перерыва является погребенным рельефом. Если она обнажена в геологическом разрезе, то может изучаться непосредственно геоморфологическими методами. Она может исследоваться также и в кернах

скважин. Чаще всего поверхность углового несогласия в геоморфологическом отношении представляет собою поверхность субаэрального денудационного выравнивания. В этом случае она обычно связана со специфическими геологическими образованиями: корами выветривания, элювиальными, делювиальными, аллювиальными и другими типами континентальных отложений. Нередко погребенный рельеф представлен эрозионными формами с амплитудами до нескольких сотен метров. Многочисленные примеры последних можно найти в трудах Р. Г. Гарецкого и А. Л. Яншина [94], Л. Б. Рухина [356] и других.

Изучение углового несогласия позволяет реконструировать историю геологического развития и развития рельефа. Оно позволяет установить время проявления складчатости подстилающих и перекрывающих толщ. Складчатость подстилающих толщ или синхронна возрасту смятых в складки отложений, или имеет более молодой возраст. В последнем случае она проявилась в начале формирования углового несогласия. Одновременно в течение фазы складчатости образуется контрастный рельеф. Таким образом, можно определить и время его возникновения. В конце формирования углового несогласия контрастный рельеф на фоне спокойного тектонического режима разрушается. В результате рельеф выравнивается. Образуется полигенетическая поверхность выравнивания, которая и представляет собою поверхность несогласия. Затем в результате возобновившихся тектонических движений происходит погружение и на поверхность несогласно откладываются перекрывающие породы. По их литолого-фациальным особенностям, вещественному составу и генезису можно реконструировать физико-географические и геологические условия, существовавшие во время седиментации. Возраст их складчатости также поддается определению: он моложе стратиграфического перерыва и соответствует возрасту перекрывающих осадков (в случае конседиментационной складчатости) или моложе его (в случае наложенной складчатости).

Выпадение осадков какого-либо возраста из геологического разреза изучаемого района свидетельствует о том, что последний в это время представлял собой область денудации. Коррелятивные осадки в виде специфических фаций оконтуривают площадь денудации. Граница их выклинивания может быть использована для картирования площади денудации. Если площадь, где осадки отсутствуют, расширена в результате последующего размыва, то поведение ее границ будет несогласовано с границами распространения фаций, которые она будет пересекать.

Палеонтологические методы позволяют определить возраст, генезис, условия образования осадков и сложенных ими форм рельефа. Для характеристики рельефа суши, естественно, наиболее ценные материалы дает изучение остатков наземной растительности, наземных животных, пресноводных моллюсков, рыб и пресноводной растительности. При этом обычно используются остатки животных и растений, залегающие на месте их захоронения («in situ») или переотложенные в пределах той фации (или группы родственных фаций),

с которой было связано местообитание изучаемых животных и растений. В некоторых случаях для реконструкции рельефа суши и условий его образования могут быть использованы органические остатки континентального происхождения, залегающие в морских отложениях. К ним, например, относятся споры и пыльца наземных растений, заносимые в моря ветрами, впадающими в них реками и разносимые морскими течениями, пресноводные диатомовые, крупные остатки наземной растительности и т. д. Морские и озерные отложения, слагаемые ими формы и условия их образования могут определяться по содержащимся в отложениях органическим остаткам морского и озерного генезиса.

Возраст отложений и слагаемых ими форм может быть определен по ископаемым спорам и пыльце, остаткам диатомовых водорослей, остаткам морских и пресноводных моллюсков, костям животных и другим органическим остаткам.

Генезис форм рельефа можно определить по происхождению слагающих их отложений. Последнее устанавливают по характеру тех представителей животного и растительного мира, местообитание которых связано с определенными фациями. Так, например, для различных зон прибрежной отмели в разных климатических зонах характерны специфические комплексы моллюсков, для озерных, морских водоемов и болот — типичные виды и комплексы диатомовых водорослей. Остатки ксерофитной растительности в песках могут говорить об их эоловом генезисе. Аллювиальные отложения содержат остатки раковин специфических видов моллюсков и т. д.

Нередко по органическим остаткам можно судить и о характере рельефа, так как различные представители животного и растительного мира обнаруживают тесную связь с рельефом. Некоторые млекопитающие обитают только на равнинах, другие в горах. Среди последних можно найти представителей, распространенных только в условиях резко расчлененного высокогорного рельефа или встречающихся в средневысотных горах и т. д. О характере рельефа можно судить и по спорово-пыльцевым комплексам или анализу крупных растительных остатков, так как распределение растительности теснейшим образом связано с рельефом. Ареалы распространения наиболее характерных представителей древнего животного и растительного мира, связанных со специфическими типами рельефа, можно использовать для картирования последних в нужных временных «срезах».

Изменения климата улавливаются по смене в геологических разрезах представителей растительного и животного мира, обитающих в различных климатических условиях, и по другим признакам (например, по изменению размеров особей одних и тех же видов, частоте их встречаемости и т. д.).

Геохимические методы. Употребляются в геоморфологии для определения абсолютного возраста форм, сложенных рыхлыми отложениями, или для определения возраста скульптурных форм по возрасту коррелятивных отложений. В четвертичной геологии и геоморфологии широко используется метод определения абсолютного

возраста по изотопу C^{14} , дающий возможность датировок от исторического времени до 60 тыс. лет. Для определения возраста морских отложений в пределах 1 млн. лет применяют анализ соотношения изотопов урана и тория (иония): U^{238} , Th^{232} и Th^{230} (Jo). Этим методом, например, удалось датировать морские осадки Северного Ледовитого и Тихого океанов. Используются и другие методы определения абсолютного возраста (по радиоактивному калию, аргону и т. д.).

Метод анализа изотопов кислорода употребляется при реконструкции климатических условий геологического прошлого. Он основан на изучении содержания изотопов O^{16} и O^{18} в морских карбонатных осадках и раковинах морских моллюсков и позволяет определять температуру морской воды, существовавшую во время образования анализируемого образца. Этот метод употребляется для определения климатических колебаний как в четвертичное, так и в дочетвертичное время (но не выходя за пределы мелового периода, так как более древние моря могли иметь другой химический состав вод). Этот метод применяется и для относительной датировки ледниковых и межледниковых эпох. При этом анализируют эпохи потепления и похолодания, идя от современности в глубь геологического прошлого и оценивая время накопления осадков, относимых к холодным и теплым эпохам.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Применение географических методов при геоморфологических исследованиях обуславливается тем, что рельеф формируется под влиянием как эндогенных, так и экзогенных факторов. Последние в совокупности создают географические условия морфогенеза, которые при геоморфологических исследованиях изучаются наряду с геологическими условиями. Географические условия морфогенеза создаются в результате взаимодействия следующих основных факторов: работы русловых потоков (речная эрозия и аккумуляция), пластовых потоков воды (площадная эрозия и аккумуляция), движущегося льда (ледниковая экзарация и аккумуляция), деятельности ветра (дефляция и навевание или эоловая аккумуляция), солифлюкционного и криогенного перемещения материала по склонам, дефлюкции или гравитационного перемещения кластического материала, деятельности животных, растений, человека и т. д. Эти факторы отражают перемещение вещества в пределах географической оболочки в результате взаимодействия составляющих ее компонентов и непосредственно отражаются в рельефе земной поверхности.

Изучение различных компонентов географической оболочки входит в сферу, охватываемую географическими науками, использующими специфические методы исследований. К этим наукам относятся ландшафтоведение, гидрология, климатология, биогеография, картография, почвоведение, гляциология, физическая география и др. Ниже кратко рассматриваются географические методы, наиболее употребительные при геоморфологических исследованиях: ландшафтного картирования, геохимии ландшафтов, климатологического анализа, микроклиматических исследований, гидрологического

анализа, картографический, биогеографические, изучения современных и ископаемых почв, гляциологический, мерзлотной съемки и изучения криогенных явлений, аэродинамический.

Метод ландшафтного картирования заключается в полевой съемке природных типологических категорий, которые можно картировать в данном масштабе. Среди них основными являются (от наиболее мелких к крупным) фация, урочище, ландшафт. Характеристику этих таксономических категорий можно найти в работах А. Г. Исаченко [172], А. А. Видиной [68] и др. Каждая из этих типологических категорий представляет собою генетически и динамически однородный природный комплекс, слагающийся из определенного сочетания рельефа, геологического строения, климатических условий (в том числе увлажнения), почвенного покрова, биоценозов, т. е. всех характерных элементов географической оболочки. Фации обычно совпадают с микро- или мезоформами или их элементами (западина, бугор, пойма и т. д.), урочища — чаще всего с мезоформами (например, песчаный вал, увал, балка), ландшафты — с морфогенетическими типами рельефа.

Все элементы географической оболочки тесно сопряжены и взаимодействуют друг с другом. Поэтому анализ специфических сочетаний географических факторов не только полезен, но и необходим при изучении динамики рельефообразующих процессов. Он облегчает также и процесс геоморфологического картирования. Анализ сочетаний биоценозов, почв, степени увлажненности и других элементов географической оболочки, составляющих в совокупности те или иные характерные территориальные природные комплексы, необходим при выделении и картировании различных форм рельефа, так как обязательным и характерным элементом этих комплексов является и рельеф земной поверхности. Так, например, подобный анализ необходим при картировании речных террас. Каждой из них отвечает свой природный территориальный комплекс, характеризующий специфические типы (или другие таксономические единицы) фаций, урочищ, ландшафтов. Этот метод успешно применяется и при картировании других форм и типов рельефа.

Опыт ландшафтной съемки изложен в трудах А. А. Видиной [68], А. Г. Исаченко [172], В. А. Николаева [278] и других авторов.

Метод анализа геохимии ландшафтов заключается в исследовании кругооборота вещества в различных географических ландшафтах. Теоретическое обоснование метода разработано Б. Б. Польновым. Как известно, изучению подвергается так называемый «геохимический ландшафт». В территориальном отношении он совпадает с границами местности, характеризующейся однотипными геологическим строением и историей развития. Он включает элементарные ландшафты трех основных типов: элювиальные, супераквальные и субаквальные (водоразделы, склоны и водоемы). Каждый из них характеризуется определенными геохимическими особенностями. В элювиальных ландшафтах грунтовые воды залегают глубоко, не оказывая воздействия на почву и растительность, почвы промываются хорошо, растения избирательно поглощают элементы — аб-

солютные органогены (K, P, N, S), а химизм грунтовых вод является интегральным показателем геохимических процессов. В супераквальных ландшафтах наблюдается избыточное увлажнение; грунтовые воды подходят близко к поверхности и по капиллярам достигают корневой системы растений. Геохимический баланс складывается из веществ, поступающих из атмосферы, и веществ, притекающих со стороны в форме твердого и жидкого стока. Выносимые из элювиальных ландшафтов гидрокарбонатно-кальциевые воды обуславливают накопление извести и появление растений-кальцефилов, поступление хлоридов и сульфатов ведет к появлению солончаков и растений-солянок, кремния — к окремнению наносов и появлению растительности типа бамбука, тростника и др., в золе которых SiO_2 присутствует в количестве 70—80% [110]. Для местных водоемов типичны субаквальные ландшафты, геохимический баланс которых складывается из веществ, попадающих транзитом из супераквальных и элювиальных ландшафтов.

Геохимические ландшафты — элементарные ландшафты, и их отношения друг к другу изучаются комплексной методикой, предусматривающей применение географических методов, изучение геологического строения, почв, растительности, вод, рельефа и других компонентов ландшафта, сбор материалов для химического анализа компонентов геохимического ландшафта (образцы материнских пород, кор выветривания, почв, рыхлых отложений, донных отложений, пробы поверхностных и грунтовых вод), определение биомассы на единицу площади, сбор растений и растительного мусора в разных стадиях разложения. Затем определяют химический состав всех образцов и проб (химическим или спектральным анализами), сопоставляют и анализируют полученные результаты. При этом прибегают к специальным методам пересчета [111, 300].

Метод анализа геохимии ландшафтов применяется в геологии при поисках вторичных ореолов рассеяния тех или иных металлов или минералов, образующихся вокруг месторождений. Этот метод в геоморфологии может использоваться при поисках полезных ископаемых, связанных с различными элементами рельефа и слагающими их отложениями.

Методом климатологического анализа определяют климат изучаемой территории. При этом используются многолетние наблюдения метеорологических станций по температурам воздуха, атмосферному давлению, ветрам, осадкам, снежному покрову, влажности воздуха, обlačности, солнечному сиянию, температурам почвы, туманам, метелям, грозам и другим метеорологическим явлениям, которые подвергаются климатологической обработке. В необходимых случаях определяют влагосодержание в воздушных массах, величину переносов влаги, изучают роль циркуляции воздуха в образовании осадков, тепловой баланс подстилающей поверхности и т. д. К сфере климатологических обобщений относится и составление климатических карт.

Описываемый метод имеет важнейшее значение при геоморфологических исследованиях. Особенности климата определяют характер

процессов экзогенного морфогенеза и их специфические сочетания в разных районах и ландшафтно-географических зонах. Они определяют распространение и характер рельефа ледникового, речного, эолового, мерзлотного, озерного происхождения. Климат необходимо изучать при анализе условий рельефообразования и в особенности динамики современных процессов рельефообразования.

Метод помогает реконструировать палеоклиматические условия. Так, И. П. Герасимов и К. К. Марков [107], А. А. Григорьев [119], используя этот метод, сумели объяснить некоторые особенности морфогенеза различных районов (например, отличия в характере четвертичного оледенения Европы и Сибири и т. д.).

Обычно для характеристики климата изученной территории пользуются издающимися в СССР климатологическими справочниками. Однако если изучаемая территория по каким-либо причинам недостаточно освещена в этих справочниках в климатологическом отношении, пользуются специальными методами определения недостающих данных [256].

Методом микроклиматических исследований изучают микроклимат района исследований, находящийся в тесной связи с климатом. Чтобы исключить элемент случайности, кратковременные микроклиматические исследования необходимо увязать с климатологической вероятностью условий погоды, имевших место в период наблюдений [2]. Она определяется по многолетним наблюдениям ближайшей метеорологической станции. Динамика современных процессов морфогенеза во многом зависит, а иногда и целиком обуславливается микроклиматическими особенностями (например, характером выпадения осадков и их количеством, путями господствующего переноса воздушных масс, характером радиационного баланса и т. д.). Примеры описания методики полевых микроклиматических исследований (в том числе актинометрических) можно найти в статьях Б. П. Алисова и А. И. Земцовой [2] и Б. В. Полтараус [319].

Метод гидрологического анализа. Его применение в геоморфологических исследованиях основано на тесной взаимосвязи между характером поверхности суши (рельеф и породы, выходящие на земную поверхность), оказывающим существенное влияние на форму, величину и режим стока, и деятельностью текучих вод, представляющей собою один из важнейших факторов морфогенеза. Как указывает Н. И. Маккаевеи [242], исследование этой взаимосвязи необходимо как для гидрологии, так и для геоморфологии. Игнорирование ее «... приводит отдельных исследователей к крупным ошибкам, если они пытаются решать проблемы с позиций «чистого» гидролога или геоморфолога» [242, с. 201].

Описываемый метод необходим при изучении следующих проблем: развитие рельефа речных долин, террас, овражно-балочных форм, конусов выноса, рельефа склонов, делювиальных шлейфов, деллей, процессов формирования делювиальных, солифлюкционных, аллювиальных, пролювиальных отложений. При решении этих вопросов используются прямые наблюдения в природе на стационарных станциях, экспедиционные исследования и лабораторные исследования

с постановкой комплексных гидрологических и геоморфологических наблюдений.

Изменения гидрологических условий (величины стока, количества поступающего в реку кластического материала, внутригодовой неравномерности стока) являются причиной значительной трансформации продольного профиля реки. Эти изменения приводят к образованию террас, которые соизмеримы с террасами, возникающими в результате тектонических движений [242]. К настоящему времени хорошо разработано учение о русловых процессах, которое может быть использовано при изучении механизма образования форм рельефа русла. Большие успехи достигнуты в изучении роли гидрологических факторов при образовании различных фаций аллювия.

Методические указания по гидрологическим исследованиям можно найти в книгах [285, 479 и др.].

Картографический метод. Разработка различных вопросов использования карт как особого метода и средства исследования входит в круг задач картографии. Практическое и научное использование карт разных типов в основном идет по следующим направлениям [364]: 1) общее изучение по карте местности и вообще изображенных на ней объектов со всеми их свойствами и особенностями (чтение карты); 2) ориентирование по картам, т. е. применение карт в качестве путеводителей на местности; 3) картометрические работы, т. е. измерение пространственных количественных характеристик на карте; 4) получение новых характеристик объектов в результате переработки географических карт; 5) применение карт для анализа и познания объектов, включающее следующие задачи: а) выяснение закономерностей пространственного размещения объектов, б) изучение взаимосвязей и зависимостей объектов, в) изучение развития объектов, г) прогноз распространения и развития объектов.

Вопросы, связанные с чтением карт и ориентировкой по ним на местности, рассматриваются в курсах геодезии и топографии. Способы картометрических измерений и употребляемые при этом инструменты характеризуются в курсах геодезии и в работах по картометрии [75, 249, 365].

Получение новых характеристик и знаний в результате переработки географических карт лежит в основе составления многих морфометрических геоморфологических карт. К этой категории относятся карты углов наклона земной поверхности, глубины расчленения, густоты расчленения и т. д. [391]. Все они строятся на основе использования данных, полученных с топокарт.

Изучение по картам закономерностей размещения исследуемых объектов осуществляется путем анализа границ их распространения, региональных и типологических особенностей, их повторяемости в различных участках карты. Так, например, топокарты дают чрезвычайно важный для геоморфолога богатый материал по гипсометрии, геоморфологические карты содержат ценную информацию по морфографии, морфометрии, генезису и возрасту рельефа и т. д.

Особенно большую ценность имеют карты при изучении взаимосвязей и зависимости явлений. Как отмечает К. А. Салищев [364,

с. 16], «... в этом состоит их коронная роль». Анализируя топографическую карту, можно выявить закономерности, существующие, например, между рельефом и гидрографической сетью, между степенью оврагообразования и характером рельефа, зависимость густоты и глубины эрозионного расчленения от особенностей рельефа и т. д.

Для изучения взаимосвязей и зависимости явлений целесообразно сравнить несколько карт различного содержания. Так, например, сравнение и анализ тектонической и геоморфологической карт позволяют выявить существующую связь между рельефом и тектоническими структурами (морфоструктурный анализ). Взаимный анализ тектонической, неотектонической и геоморфологической карт дает возможность сделать выводы об унаследованном или инверсионном характере развития морфоструктур, о масштабах амплитуд деформации земной поверхности, характере деформаций, об основных этапах истории развития и т. д.

Сравнение серии палеогеоморфологических карт дает представление об истории развития рельефа. Анализ крупномасштабных топокарт одних и тех же районов различных лет издания позволяет уловить изменения в развитии геоморфологических особенностей поймы, перемещение островов, изменение формы островов и рукавов и т. д.

Наконец, карты широко употребляются для прогнозирования явлений. Анализ и сопоставление карт геоморфологической, шлиховой и четвертичных отложений дают материалы для выявления участков, перспективных на поиски россыпных месторождений полезных ископаемых.

Биогеографические методы. С их помощью изучаются биоценоз данного ландшафта, растительный покров, животный мир, исследуются флора и фауна в пределах данной территории [76, 229, 230, 231].

Исследование биоценоза любого ландшафта начинается с изучения флоры и фауны, видового состава животных и растений и оценки численности особей каждого таксона (в абсолютных и относительных числах). Полученные данные позволяют проводить сравнительный анализ тех или иных ландшафтов. Специфические ландшафты связаны с определенными элементами рельефа. Поэтому анализ флоры и фауны в конечном итоге позволяет уточнять границы и более обоснованно выделять те или иные элементы рельефа.

Растительный покров представляет собою один из элементов ландшафта. Поэтому его изучение непосредственно связано с характеристикой других компонентов ландшафта и в особенности с рельефом, микрорельефом, геологическим строением, почвенным покровом. Особенно важен метод индикационных исследований (или метод биогеографических индикаторов), в результате которых выбираются растения-индикаторы, являющиеся наиболее хорошим показателем определенных типов, форм или элементов рельефа. Часто таким показателем является фитоценоз в целом. Метод биогеографических индикаторов применяют также при картировании почвенного по-

крова, картировании четвертичных отложений, поисках полезных ископаемых. Нередко биоиндикаторами являются реликтовые растения. Поэтому метод применяется в геоморфологии для картирования форм рельефа различного возраста и для реконструкции истории развития рельефа.

Биоиндикаторами могут быть и представители животного мира. Например, анализ пресноводных рыб в бассейнах речных систем дал возможность Г. У. Линдбергу [230] установить в четвертичной истории дальневосточной окраины СССР три морские трансгрессии.

При геоморфологических исследованиях нередко используется и метод анализа ареалов отдельных представителей растительного и животного мира, позволяющий оценивать условия образования рельефа и характер рельефа по данным как современного, так и древнего распространения изучаемых особей или их ископаемых остатков. Следовательно, этот метод применим и при палеогеоморфологических исследованиях.

В геоморфологических исследованиях может быть использован также метод анализа путей и способов расселения тех или иных представителей животного и растительного мира. Так, например, по находкам остатков мамонта удалось установить, что он проник на территорию Америки из Азии. Естественно, что мамонт пришел по суше, поэтому появилось основание соединять Азию с Америкой в области Берингова пролива. Подобное соединение было неоднократным в течение позднего плейстоцена. Другой пример: пути перелета птиц по островам Японского и Курильского архипелагов указывают на длительное существование здесь островной суши и ее более широкое распространение в прошлом.

Методы геоботанических исследований изложены в «Кратком руководстве...» [212] и в капитальном труде «Полевая геоботаника» [314]. Некоторые вопросы зоогеографических исследований освещены в статье А. М. Чельцова-Бебутова [443].

Метод изучения современных и ископаемых почв. Почва является одним из существенных компонентов любого природного территориального физико-географического комплекса (таких физико-географических таксонов, как фация, урочище, ландшафт и др.). Между всеми компонентами комплекса существует теснейшая взаимосвязь. Поэтому почвы связаны с теми или иными элементами рельефа. Эта взаимосвязь может быть использована при геоморфологическом картировании и особенно при выделении и нанесении на карту генетически однородных поверхностей. Изучение почв необходимо также для решения проблемы современного гипергенеза в различных ландшафтно-географических зонах.

При палеогеоморфологических исследованиях важнейшее значение приобретает изучение погребенных почв. Последнее необходимо при реконструкции истории развития рельефа и условий его образования. Так, например, ископаемые почвы в лёссовых толщах рассматриваются как образования, синхронные межледниковым эпохам или межстадиям. Типы погребенного почвенного покрова

позволяют судить о палеоклиматических условиях времени их образования. Американские исследователи разработали метод абсолютного датирования морен по степени выщелачивания развитых на них почвенных горизонтов и с успехом применяли его [374]. Особенности залегания почвенных погребенных горизонтов позволяют судить и о характере неотектонических движений. Нередко наилучшую сохранность ископаемые почвы имеют в районах неотектонических погружений. Приведенные примеры показывают, что анализ современных и ископаемых почв может быть использован при решении весьма разнообразного круга вопросов при геоморфологических исследованиях.

Методика почвенных исследований рассматривается в труде И. Ф. Садовникова [362], в руководстве «Почвенная съемка» [327]. Методика изучения погребенных почв рассмотрена в статье М. А. Глазвской [109].

Гляциологический метод применяется в геоморфологии при решении вопросов, связанных с происхождением форм рельефа районов древнего и современного горного и равнинного оледенений, исходя из основных закономерностей развития ледников, характеристики льда как физического тела и взаимодействия ледников с земной поверхностью. Особенности гляциологических исследований изложены в инструкциях и руководствах [179, 273, 354] и трудах С. В. Калесника [178, 180], М. В. Тронова [411, 412], Р. Ф. Флинта [435], П. А. Шумского [471] и других исследователей.

Метод мерзлотной съемки и изучения криогенных явлений широко используют в северных районах, где распространена современная многолетняя мерзлота или она уничтожена, но в геологических разрезах и рельефе сохранились следы ее былого существования. Мерзлотная съемка необходима для изучения криогенных форм рельефа и явлений криогенного морфогенеза. Как указывает А. И. Попов [322], проведение мерзлотных исследований должно быть основано на ландшафтном методе, так как специфические проявления криогенных процессов связаны с теми или иными природными территориальными физико-географическими комплексами, называемыми фациями, урочищами, ландшафтами. Применение метода изучения криогенных явлений имеет большую ценность для геоморфолога, так как они, как правило, отражаются в рельефе земной поверхности в виде полигональных многоугольников, бугристого рельефа тундр, форм инверсионного мерзлотного рельефа и т. д.

Аэродинамический метод. С его помощью изучают динамику воздушных потоков для объяснения генезиса форм рельефа эолового происхождения. Подобный метод весьма плодотворно применяется в СССР Б. А. Федоровичем при изучении рельефа пустынь Средней Азии.

Палеогеографический метод относится к категории историко-географических методов. С его помощью реконструируют физико-географические условия, существовавшие на земной поверхности в геологическом прошлом: рельеф суши и морское дно, геологическое строение земной поверхности, почвенный покров, реки, озера, моря,

направления течений, соленость воды, растительный покров, животный мир, климат (направление ветров, осадки, температуры и т. д.). Исходные материалы для реконструкции получают геологическими, геофизическими и географическими методами, но интерпретация их относится к компетенции географов широкого профиля и географов-отраслевиков (геоморфологов, климатологов, геоботаников, зоологов и т. д.). Методические указания по палеогеографическим исследованиям можно найти в следующих работах [46, 47, 77, 78, 201, 356, 376, 377].

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

С помощью геофизических методов, применяемых при геологических исследованиях, изучается строение земной коры, ищут полезные ископаемые. Методы основаны на исследовании физических явлений, особенности которых связаны с геологическим строением (изучение полей силы тяжести, магнитного, электрического, естественных радиоактивных процессов и т. д.). Возможность изучения геологических тел при помощи геофизических методов обуславливается их различием по физическим свойствам, что позволяет отличать их друг от друга, определять расположение и границы распространения как в плане, так и в разрезе земной коры. Возможность и необходимость применения геофизических методов при геоморфологических исследованиях определяются тем, что особенности распределения физических полей и рельеф земной поверхности, в том числе и погребенный, нередко связаны друг с другом. Наряду с погребенным рельефом геофизическими методами определяются поверхности и другого генезиса: тектонические, вулканогенные, седиментационные. Поэтому интерпретация полученных материалов представляет сложную задачу и должна контролироваться другими методами, например данными бурения. При геоморфологических исследованиях используются магнитометрический, гравиметрический, электрометрический и сейсмический методы. Особенности их применения для решения геоморфологических задач рассмотрены А. И. Спиридоновым [394].

Геофизические исследования требуют применения специальной аппаратуры и методики. Поэтому они выполняются обычно специалистами-геофизиками.

Магнитометрический метод. Основан на измерении магнитного поля, которое меняется в зависимости от магнитных свойств горных пород. Если представить напряжение магнитного поля в какой-либо точке в виде вектора T , направленного под углом D к горизонтальной плоскости (наклонение магнитной стрелки) и под углом I к линии географического меридиана (склонение магнитной стрелки), то проекция вектора T на горизонтальную плоскость составит горизонтальную составляющую H , а проекция на вертикальную ось — вертикальную составляющую Z . Задачей магнитной съемки является определение аномалий H и Z магнитного напряжения, которые представляют собой разницу между наблюдаемыми и теоретически вычисленными для однородно намагниченного шара значениями. При аэромагнитной съемке определяются аномальные значения полного

вектора напряженности магнитного поля ΔT . Магнитная восприимчивость горных пород колеблется в широких пределах: от большой у изверженных пород до незначительной у осадочных. Это дает возможность в результате магнитометрической съемки, проводимой с помощью магнитометров, выявить магнитные аномалии и нанести их на карту. Интерпретация этих данных дает много материалов по погребенному рельефу. Методом магнитометрической съемки можно изучать погребенный под рыхлыми отложениями рельеф коренного ложа депрессий, погребенные лавовые покровы, погребенный карстовый рельеф, погребенные долины, выявить разрывные дислокации и их роль в погребенном рельефе и решать другие задачи палеогеоморфологических исследований. Возможность выявления этих форм основана на том факте, что погребенный рельеф, как правило, разделяет толщи, различные по магнитной восприимчивости. Так, например, магнитные свойства отложений, залегающих на карстовом рельефе, как правило, выше, чем у известняков (последние практически не магнитны), и т. д.

Магнитная съемка может быть наземной и воздушной. Методика и техника ее хорошо разработаны. Большие территории СССР охвачены магнитометрической съемкой. Материалы ее необходимо использовать при производстве геолого-геоморфологических исследований. В случае необходимости она может быть организована для специального изучения погребенного рельефа или тектонических деформаций геологических образований, участвующих в строении исследуемого района.

Гравиметрический метод. В его основе лежит измерение ускорения силы тяжести в определенном количестве точек, необходимом для составления в последующем карт изоаномал и интерпретации последних. Измерения проводятся при помощи маятников, гравиметров, гравитационных вариометров. Ускорение силы тяжести оценивается в миллигалах. Один миллигал соответствует 0,001 гал (1 гал — единица ускорения силы тяжести, равная 1 см/сек²). Гравиметрическая съемка дает возможность выявить аномалии силы тяжести, которые выражают разность между наблюдаемыми и теоретически вычисленными значениями. В итоге проведенных работ составляются карты изоаномал (линий равных значений аномалий силы тяжести). Аномалии, при вычислении которых сила тяжести приводится к уровню моря при помощи поправки за высоту, называются аномалиями Фая или аномалиями в свободном воздухе. Однако чаще на картах показываются аномалии Буге, вычисляемые с учетом поправок за высоту, за притяжение промежуточного слоя между земной поверхностью и уровнем моря, за рельеф, называемых в сумме поправкой Буге. Количественные значения наблюдаемых аномалий колеблются в пределах нескольких десятков, реже сотен миллигал.

Карты изоаномал отражают изменения в плотности масс и поэтому могут быть использованы для изучения погребенного рельефа. Так, например, погребенная возвышенность, сложенная плотными породами, на гравитационной карте часто дает положительную аномалию, а депрессия, выполненная рыхлыми отложениями, — отрица-

тельную. В результате прецизионной детальной съемки при помощи гравитационного вариометра исследуют даже мелкие неровности неглубоко погребенного рельефа (например, карстовые пустоты и т. д.).

Электрометрический метод основан на измерениях удельного сопротивления электрическому току, различному у разных горных пород, что дает возможность изучать геологическое строение и погребенный рельеф в разрезе верхних горизонтов земной коры. Удельным сопротивлением какого-либо вещества называется сопротивление кубического сантиметра этого вещества при прохождении тока параллельно одному из ребер. Оно измеряется в ом-сантиметрах. При полевых электрометрических исследованиях в качестве единицы удельного сопротивления употребляется ом-метр, соответствующий 100 ом·см. Описываемый метод позволяет обнаруживать поверхности контакта между такими толщами, удельное сопротивление которых резко отличается друг от друга. В результате измерений получают геоэлектрический разрез, в котором по различиям удельных сопротивлений выделяют определенные интервалы, соответствующие тем или иным элементам геологического разреза. Для характеристики геоэлектрического разреза горизонтальнослоистой толщи осадочных горных пород определяются значения кажущегося электрического сопротивления в слое, мощность которого зависит от расстояния между электродами питающей установки. Увеличивая это расстояние (разнос электродов), можно изучить изменение кажущегося сопротивления в слое, подошва которого опускается на все большую глубину. Удельное сопротивления различных типов пород используют для построения литологического разреза по геоэлектрическому профилю. Этот разрез может быть использован для изучения погребенного рельефа и осложняющих его тектонических структур. По нему могут быть получены не только качественные, но и количественные оценки (например, мощности пластов, величина смещений по тектоническим разломам и т. д.).

Электроразведка ведется обычно методами вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и электрического профилирования. В первом случае многократно в одной и той же точке измеряется кажущееся удельное сопротивление с последовательным расширением глубины зондирования (путем все большего и большего увеличения разноса питающих электродов). Затем после завершения серии таких измерений строят кривые ВЭЗ, поведение которых позволяет выделить геологические тела с различными удельным сопротивлением. Этот метод рекомендуется применять на равнинах при углах падения пластов не более 10—15° и постоянстве их удельного электрического сопротивления.

Метод электрического профилирования применяется в районах с углами наклонов пластов более 15°. Он заключается в измерении удельных сопротивлений по профилю в намеченных точках с постоянным разносом питающих электродов, что обеспечивает постоянную глубину измерений. Результаты последних позволяют построить геоэлектрический профиль. Если изучаемый район пересекается несколькими профилями, то составляются карты изоом (линий равных

кажущихся сопротивлений), которые рисуют поверхность контакта геологических тел с различным удельным сопротивлением (например, поверхность фундамента во впадинах, перекрытую рыхлыми отложениями, и т. д.).

Электрометрический метод может быть применен для изучения геологического строения верхних частей земной коры, для определения мощностей, генезиса и литологического состава горных пород, участвующих в геоэлектрических разрезах, для морфографического и морфометрического изучения погребенного рельефа (например, погребенных речных долин, форм погребенного карстового рельефа и др.), для исследования неотектонических складчатых и разрывных деформаций, поисков полезных ископаемых, в частности связанных с погребенными формами рельефа, и решения других вопросов.

Сейсмический метод. Сейсмические волны, различающиеся по своим упругим свойствам, отражаются и преломляются при прохождении через слои земной коры. Измеряя время распространения сейсмических волн от точки их возбуждения (взрыва), исследователь получает возможность определить глубину залегания различных пластов горных пород, их мощность, особенности залегания, углы падения, распространение.

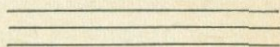
Обычно используют метод отраженных волн и метод преломленных волн. Первый метод основан на отражении посланной волны от кровли пласта. Время прохождения волны от момента дачи сигнала до его возвращения с учетом скорости прохождения дает возможность определить глубину залегания кровли пласта. В основе метода преломленных волн лежит явление преломления сейсмических волн на границе слоев горных пород, причем нижний слой по сравнению с верхним характеризуется большей скоростью распространения сейсмических волн.

Из-за неоднородности строения земной коры, неодинаковой скорости распространения сейсмических волн, наличия не одного, а нескольких отражающих и преломляющих слоев наблюдения проводятся одновременно в нескольких пунктах земной поверхности при помощи сложной регистрирующей аппаратуры. Они ведутся обычно вдоль прямых линий, образующих сейсмические профили. Отмечая время прихода волн в точки указанного профиля, строят годограф или график зависимости времени пробега волн от расстояния взрыв — прибор. На основе изучения годографов устанавливают глубину залегания и углы наклона преломляющих и отражающих границ, что дает возможность расшифровать геологическое строение и изучать погребенный рельеф. Поверхность последнего обычно является отражающим или преломляющим горизонтом. При наличии нескольких профилей сейсмического зондирования может быть составлена карта преломляющей или отражающей поверхности, которая является тектонической по генезису или представляет собой в той или иной степени измененный тектоникой погребенный рельеф. Для интерпретации данных сейсморазведки необходимы геологические материалы (например, данные бурения и др.), без которых она не может быть уверенно проведена.

К сожалению, некоторые особенности затрудняют использование сейсмического метода в геоморфологических исследованиях и нередко осложняют или делают невозможной интерпретацию полученных материалов. К ним относятся нечеткость отражающих и преломляющих границ, сложность геологических разрезов, залегание на поверхности пластов с большими скоростями распространения сейсмических волн (например, скованных многолетней мерзлотой), большая мощность рыхлых отложений, глубокий уровень грунтовых вод, отсутствие неглубоко залегающих глинистых пород, в которых рекомендуется закладывать взрываемые заряды, и т. д. [394].

Не всегда удается решить намеченные задачи каким-либо одним методом. В этом случае прибегают к комплексной методике, т. е. применению и других геофизических методов. В результате появляется возможность изучить взаимодополняющие и взаимоконтролирующие материалы.

Материалы по геофизическим методам, а также по использованию этих методов в геологии и геоморфологии можно найти в следующих работах [5, 27, 114, 116, 121, 143, 234, 290, 291, 352, 381, 385, 390, 394].



МОРФОЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС И ВОЗРАСТ РЕЛЬЕФА

В основе геоморфологических исследований лежит изучение морфологии, генезиса и возраста рельефа. Все члены этой «триады» должны найти отражение на геоморфологической карте. В настоящей главе рассматриваются методы изучения морфологических особенностей рельефа, его генезиса и возраста.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА

Изучение морфологических особенностей рельефа состоит в получении наиболее полной информации по морфографии и морфометрии. Последние, как отмечает А. С. Девдариани [123], в совокупности образуют геометрию рельефа. Основой ее является приложение геометрии к изучению рельефа земной поверхности.

Изучая формы рельефа, нетрудно обнаружить их сходство с геометрическими телами. При этом, конечно, нужно отвлекаться от некоторых частных деталей (например, микрорельефа), нарушающих это сходство. Одни формы рельефа подобны простым геометрическим телам (например, стратовулкан — конусу, горный хребет — трехгранной призме и т. д.), другие отвечают сочетаниям нескольких (иногда многих) простых геометрических тел (например, горная система, состоящая из ряда хребтов, — сочетанию системы трехгранных призм и т. д.). Эта особенность позволяет применять геометрию при изучении форм рельефа.

Под морфографией понимают изучение и описание внешних особенностей, облика рельефа, начиная от наиболее мелких и простых элементов до самых крупных форм и их сложных сочетаний. Морфометрия — отрасль геоморфологии, занимающаяся определением размеров элементов, форм и типов рельефа и их положения в пространстве и относительно друг друга.

Морфография и морфометрия лежат в основе математического выражения наших представлений о рельефе и математического обоснования процессов морфогенеза. Поэтому они имеют большое значение для совершенствования и дальнейшего развития теоретической основы геоморфологии. Морфографические и морфометрические данные имеют важнейшее значение для качественной и количественной оценки форм рельефа и процессов морфогенеза.

Морфология и морфометрия необходимы для решения многих практических вопросов: при составлении топографических, географических, геологических и геоморфологических карт, при освоении и эксплуатации сельскохозяйственных угодий, при мелиоративных и инженерно-геологических работах, в военном деле, гражданском строительстве, при поисках и эксплуатации месторождений полезных ископаемых и т. д. По существу, во всей своей хозяйственной деятельности человек в той или иной степени связан с необходимостью морфологического и морфометрического изучения рельефа.

Внешний вид рельефа неразрывно связан с его происхождением и возрастом. Это важное свойство рельефа широко используется при геоморфологическом дешифрировании аэрофотоматериалов и изучении топографических карт. Особенности рельефа находят наиболее полное выражение на аэрофотоснимках и топографических картах. Поэтому изучение последних дает важные материалы по морфологии и морфометрии наряду с непосредственным исследованием рельефа в поле.

В процессе морфологических и морфометрических исследований перед исследователем встает задача охарактеризовать изучаемый рельеф с помощью различных методов. Характеристики рельефа представляют собой модели последнего и должны изучаться наравне с объектами, наблюдаемыми в природе. Таким образом, основными источниками сведений по морфологии и морфометрии являются: 1) материалы полевых исследований, 2) графические документы (топокарты, геоморфологические карты, профили, схемы и др., составленные в результате предшествующих исследований) и фотографические материалы (фото- и аэроснимки, фотопланы и др.), 3) данные, содержащиеся в описаниях (отчетах, монографиях, статьях).

Для характеристики рельефа пользуются описательными и изобразительными методами. Первые включают методы: описания, буквенных и цифровых формул. К числу изобразительных относятся методы изображения рельефа на плоскости и методы объемного изображения рельефа. Среди первых различают методы графического изображения (картографирования, зарисовок, профилирования, блок-диаграмм) и методы фотографического изображения (плановых съемок, наземной фотосъемки, киносъемки, наземной стереофотограмметрической съемки). Объемное изображение рельефа производится при помощи методов построения моделей ручным способом и автоматическим механическим копированием рельефа с топокарт.

Созданные перечисленными способами модели рельефа (карты, аэрофотоснимки и др.) изучаются различными методами, среди которых основными являются картографический метод, метод дешифрирования аэрофотоснимков, метод анализа стереофотограмметрических снимков и т. д.

Описательные методы

Метод описания. Морфологические и морфометрические особенности рельефа (вместе с другими данными) описываются в полевом дневнике, отчете по проведенным исследованиям, статье, монографии.

Описания могут вестись по точкам наблюдений, по маршрутам, по геоморфологическим странам, провинциям, областям, районам, по типологическим категориям рельефа и т. п. В зависимости от поставленных задач они могут быть схематичными или достаточно обстоятельными. Текст иллюстрируется графическими материалами, фотоснимками и т. д. Примерная схема отчета и ведения полевой документации дана в гл. I.

Метод буквенных и цифровых формул. Информация по морфологии (а также генезису и возрасту рельефа) передается в закодированном виде в форме буквенных и цифровых формул. Указанный метод применяется при составлении геоморфологических карт (примерами таких формул являются индексы возраста рельефа или генетические и возрастные индексы) и в текстовых описаниях [263].

Изобразительные методы

Основой этих методов является плановое или объемное изображение рельефа, имеющее самостоятельное значение (карты, аэроснимки и др.) или дополняющее текстовое описание.

Графическое изображение и изучение рельефа. Эта группа включает следующие методы: картографирования, зарисовок, профилирования и блок-диаграмм.

Метод картографирования — один из наиболее совершенных и наглядных методов изображения рельефа. При этом картируемые объекты передаются в виде проекции на горизонтальную плоскость. Картографирование обычно следует за этапом полевого картирования и в этом случае представляет собой окончательное оформление карты, ранее составленной в черновом варианте в поле. В других случаях оно не сопровождается полевыми работами и ограничивается составлением карты целиком в камеральных условиях по графическим материалам ранее выполненных исследований.

Из многих типов карт для геоморфолога наиболее важной является общая геоморфологическая карта, составлению которой в значительной мере посвящено настоящее методическое руководство (см. гл. VI).

Что касается изучения ранее составленных карт при геоморфологических исследованиях, то связанные с ним вопросы рассматриваются в гл. II (картографический метод).

Метод зарисовок широко применяется при геоморфологических исследованиях. Объектами их могут быть как крупные, так и мелкие формы рельефа и части последних. Второстепенные детали исключаются. Рисунки могут быть контурными (рис. 1, а) или штриховыми (рис. 1, б). Не исключается применение растушевки. Требования к оформлению зарисовок изложены в гл. I.

Большую ценность представляют панорамные зарисовки (круговые или секторные). Для круговой панорамы выбирают вершину, с которой местность просматривается во все стороны. По заметным ориентирам намечают на местности четыре равных сектора (по 90°). Каждый из них зарисовывается на отдельном листе бумаги. Особое

внимание обращается на согласование контуров на стыках листов. Зарисовки могут делаться с помощью квадратной рамки с сеткой (помещаемой перпендикулярно перед лицом, делающим рисунок) и простейших оптических рисовальных приборов. Советы по технике рисунка можно найти в работах [122, 282, 318, 325, 388, 496]. Зарисовки являются источником сведений по морфографии, а в ряде случаев из них можно получить и морфометрические данные.

Метод профилирования. Характерные особенности рельефа хорошо передаются на профилях. На последних рельеф изображается

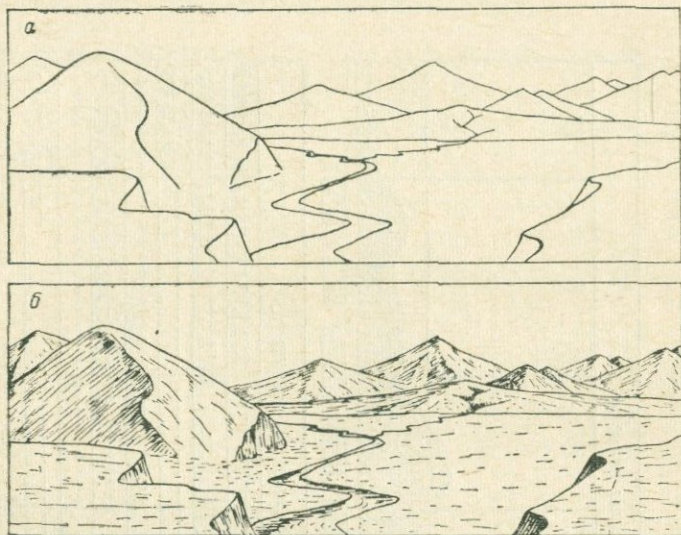


Рис. 1. Примеры контурного (а) и штрихового (б) рисунков.

линией, представляющей собой пересечение земной поверхности с разрезающей ее вертикальной плоскостью. Профиль может строиться по данным 1) измерений на местности (в виде: а) полуинструментального профилирования (с использованием барометра-анероида, ручного нивелирования с помощью отвеса горного компаса, карманного нивелира и т. д.), б) инструментального профилирования при помощи нивелира, теодолита, кипрегеля и других инструментов (наиболее точный способ); 2) топографических карт; 3) визуальных оценок (наименее точные данные).

Простейшее нивелирование с помощью горного компаса проводится снизу вверх по склону. Высота расположения компаса зависит от роста наблюдателя (от подошвы обуви до глаз). Затем, представляя к глазам горный компас, поставленный ребром, направляют длинное его ребро (установленное в горизонтальном положении по отвесу компаса) на склон, замечая на нем ту точку, на которую ориентировано длинное ребро компаса. Затем наблюдатель переходит в замеченную им выше по склону точку, визирует ее в следующую

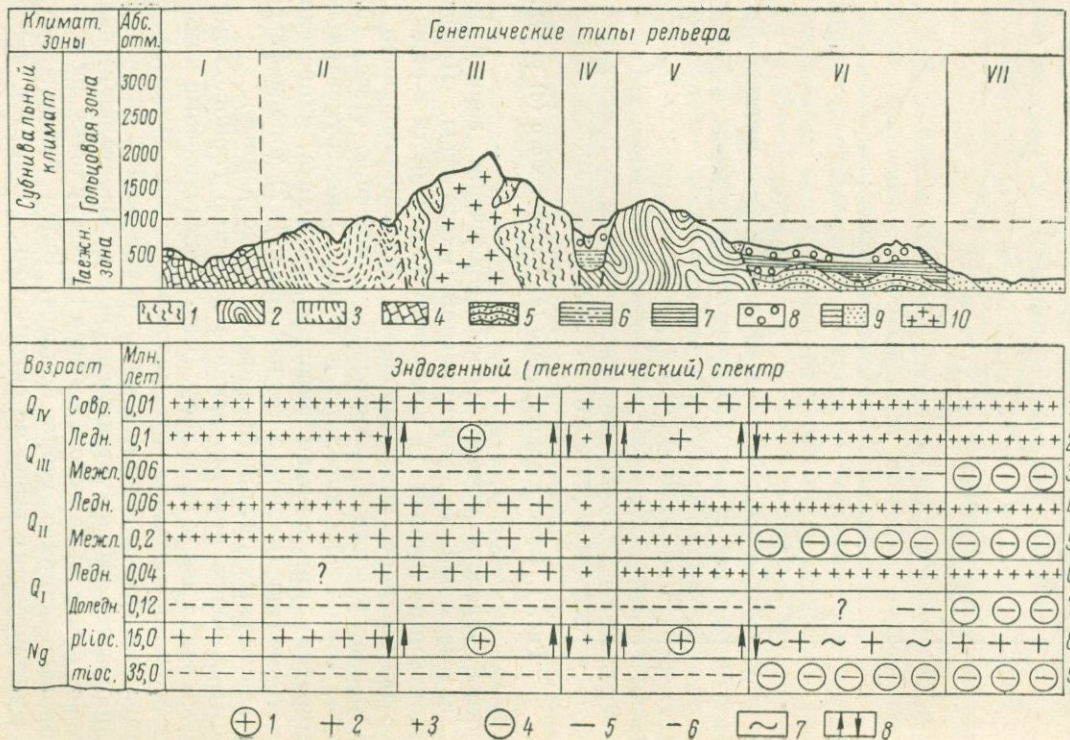


Рис. 2. Геоморфологический профиль, по С. Г. Бочу [48].

Генетические типы рельефа:
 I — денудационная депрессия, связанная с выходом акарстованных известняков; II — предгорная увалистая денудационно-абразионная равнина, расчлененная эрозией; III — высокогорный остроконечный денудационно-тектонический рельеф с преобладанием ледниковых «альпийских» форм; IV — тектоническая межгорная депрессия, моделированная ледником; V — среднегорный плосковершинный денудационный рельеф с преобладанием форм гольцовой денудации; VI — ледниковая аккумулятивная увалистая равнина, слабо расчлененная эрозией; VII — аллювиальная эрозионно-аккумулятивная равнина.
Породы и их возраст: 1 — гнейсы (Gm); 2 — туфосланцы (D₁); 3 — сланцы (C₁); 4 — известняки (C₂); 5 — ополки

вышерасположенную точку и т. д. до тех пор, пока измерения не будут закончены. Расстояния между точками замеряются шагами, рулеткой или какими-либо другими способами, причем вносится приблизительная поправка за наклон. Зная высоту одной точки над другой (равную росту наблюдателя) и расстояния между ними, их наносят на миллиметровку в нужном масштабе, получая, таким образом, в конечном итоге профиль измеренного склона, террасы и т. д.

Для построения профиля выбираются направления, по которым наиболее полно передаются характерные особенности изучаемого рельефа (обычно поперек орографических элементов). Линия профиля в плане может быть прямой или ломаной. Для характеристики рельефа обширных площадей последние иногда пересекают серией параллельных профилей, отделенных небольшими равными интервалами друг от друга. Этот способ дает наглядное представление об особенностях рельефа в пределах всего изученного района.

Для того чтобы с профилей можно было получить данные по морфометрии, они должны строиться в равных вертикальном и горизонтальном масштабах. Превышение первого над вторым (допустимо до 5—10 раз) делает рельеф более наглядным, но менее точным.

На профиле штриховыми или цветными обозначениями, а иногда надписями и индексами обычно показывают морфогенетические типы рельефа, генетически однородные поверхности, возрастные категории рельефа и геологический разрез, позволяющий оценить влияние геологических факторов на облик рельефа.

Сложный тип геоморфологических профилей предложил С. Г. Боч [48]. Способ их построения виден из рис. 2.

Способ совмещенных профилей применяется в тех случаях, когда необходимо выявить геоморфологические уровни (педименты, педилены, пенелены, предгорную лестницу поверхностей выравнивания и т. п.), в прошлом регионально развитые, но теперь сохранившиеся в виде разрозненных реликтов. Для этого поперек хребта (системы хребтов, горной страны и т. п.) строят ряд параллельных профилей, которые накладывают друг на друга, получая совмещенные профили. Анализируя их, выделяют близкие по высотам уровни, которые можно трактовать как педилены, пенелены, ступени предгорной лестницы и т. п. Однако интерпретация выделенных уровней должна быть результатом их комплексного исследования, но не анализа лишь одних совмещенных профилей.

Метод блок-диаграмм. Блок-диаграмма — изображение блока земной коры, ограниченного сверху земной поверхностью, с боков — вертикальными гранями и снизу — горизонтальным срезом. Описываемые изображения строятся при помощи параллельных или перспективных проекций. В первом случае предполагается, что пучок проектирующих лучей состоит из параллельных прямых, не имеющих точки схода (или с бесконечно удаленной точкой схода). Во втором случае этот пучок сходится в одной (или двух) точках, что позволяет построить перспективное изображение, более привычное для глаза, чем построенное на параллельных проекциях. Теория и практика составления блок-диаграмм излагается во многих рабо-

тах [8, 57, 63, 69, 228, 271, 358, 424, 425, 485, 489, 494, 496, 503]. Можно применять несложные легко изготавливаемые приборы — изометрограф, аффинограф и др. [69, 228, 358, 409].

Наиболее просто строятся блок-диаграммы в так называемой «военной» перспективе, относящейся к аксонометрической косоугольной изометрической проекции. Она не требует применения каких-либо расчетов или приборов. Горизонтальные линии передаются без искажения, так как картинная плоскость этой проекции располагается горизонтально. Однако такая блок-диаграмма имеет недостаточную естественность изображения, частично устраняемую, если рассматривать его под углом 45° . Для составления блок-диаграммы в «военной» перспективе нужный участок на топографической карте очерчивают в виде ромба, параллелограмма или другой фигуры и в дальнейшем поступают с ним так, как это показано на рис. 3.

Более естественное изображение дает аксонометрическая косоугольная изометрическая проекция, называемая кавальерной. Она требует построения переходной вторичной проекции. Один из вариантов изготовления последней (способом переноса топографической ситуации по клеточкам) показан на рис. 4.

В основу блок-диаграмм могут быть положены блоки различной формы в плане: квадрат, прямоугольник, трапеция, параллелограмм, многоугольник и т. д.

Особенно наглядное представление о рельефе дают профили, составленные в виде узких и длинных блок-диаграмм (см. рис. 4). Для того чтобы показать рельеф обширных районов, практикуют построение серии профилей — блок-диаграмм, разрезающих эти районы через небольшие интервалы. Так, например, если построить подобную серию из многих широтных блок-диаграмм поперек Урала, то она дала бы отчетливое представление о рельефе хребта и его изменении с севера на юг.

Для того чтобы блок-диаграммы можно было использовать для морфометрии, горизонтальный и вертикальный масштабы должны быть равны. Однако практически подобное соотношение может быть выдержано только в крупных масштабах. В мелких же масштабах вертикальный масштаб приходится увеличивать в 5—10 раз, иначе рельеф становится невыразительным и детали его строения исчезают.

Боковые стенки блок-диаграмм используются для показа геологического строения.

Фотографическое изображение и изучение рельефа. Методы фотографического изображения (плановой аэрофотосъемки, наземной фотосъемки, киносъемки, наземной стереофотограмметрической съемки) позволяют получить объективное изображение рельефа. Оно доступно для морфографического и морфометрического изучения, а в ряде случаев дает возможность делать выводы также о возрасте и генезисе форм рельефа (в совокупности с другими данными) в результате геоморфологического дешифрирования аэрофотоснимков и других материалов.

Метод плановой аэрофотосъемки и дешифрирования аэрофото-материалов. Аэрофотоснимки дают объективное изображение рельефа

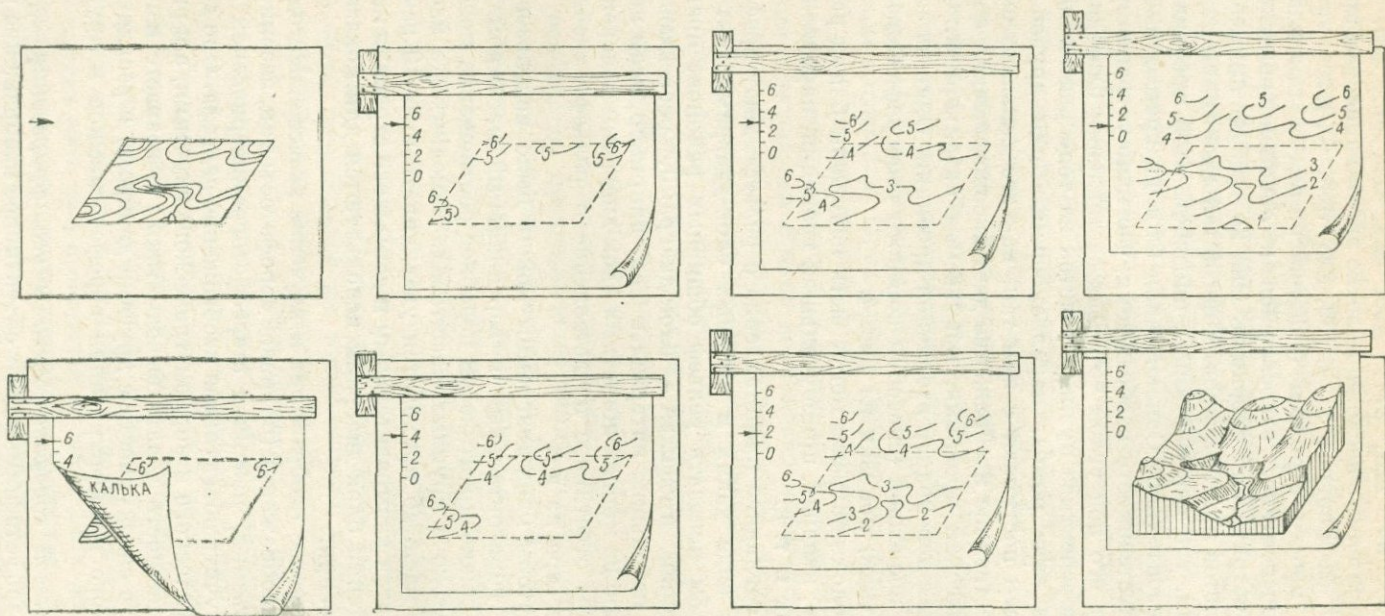


Рис. 3. Последовательные стадии составления блок-диаграммы.

земной поверхности в виде его проекции на горизонтальную плоскость.

Применяя стереоскопический способ, исследователь может изучать рельеф в объемном выражении. Таким образом, аэрофотоснимки по способу изображения объектов близки к топографическим картам, для которых они и являются основными источниками сведений

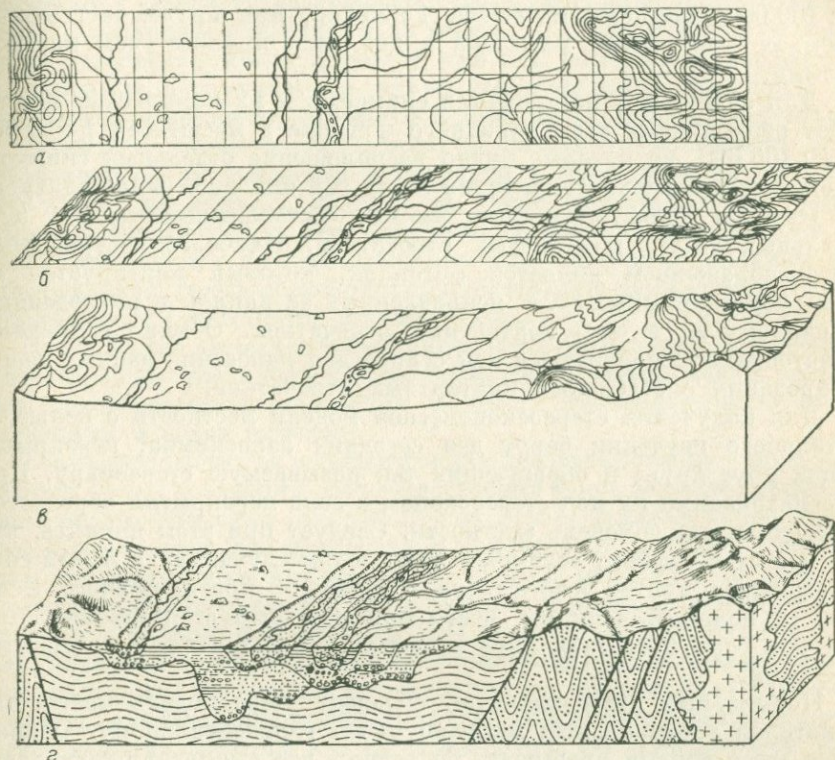


Рис. 4. Составление профиля в виде блок-диаграммы в кавальерной проекции. а — выкопировка с карты площади будущей блок-диаграммы; б — трансформированное (перенесенное по клеткам) изображение первой карты; в — блок-диаграмма, построенная по трансформированному изображению рельефа; г — нанесение на боковые срезы блок-диаграммы геологической ситуации.

о рельефе. Однако по содержанию снимки богаче, чем топографические карты, так как на них сохраняются такие детали морфологического строения, которые не могут быть показаны на топокартах (например, детали эрозионного расчленения склонов, микро-, а иногда и мезорельеф, осложняющий склоны, водоразделы, поверхности террас и равнин и т. д.). По аэрофотоснимкам можно судить об относительном возрасте тех или иных форм и их генезисе. Для решения этих вопросов используют дополнительную информацию по характеру растительности, геологическому строению местности, характеру почвенного покрова и т. д.

В результате плановых съемок получают аэрофотоснимки размером 18×18 , 24×24 и 30×30 см, которые комплектуются по номенклатурам топокарт соответствующих масштабов. Г. Ф. Лунгергаузен, В. П. Поникаров и М. Н. Петрусевиц [236] при геолого-геоморфологических съемках масштаба $1 : 1\,000\,000$ — $1 : 500\,000$ рекомендуют пользоваться контактными отпечатками аэрофотоснимков масштаба $1 : 70\,000$ — $1 : 40\,000$; при съемках масштаба $1 : 200\,000$ — $1 : 100\,000$ снимками масштаба $1 : 25\,000$, при крупномасштабных съемках — снимками масштаба в два раза крупнее, чем масштаб съемки.

Для облегчения пользования снимками к их комплектам прилагают репродукции схем накидного монтажа в масштабах $1 : 50\,000$ и $1 : 100\,000$, на которых видно расположение отдельных снимков, входящих в пределы территории листа той или иной номенклатуры.

Нередко используются фотосхемами, составляющимися из центральных частей контактных отпечатков. Наиболее совершенным фотоизображением является фотоплан, который монтируется из трансформированных (т. е. исправленных за наклон и приведенных к единому масштабу) контактных отпечатков. Обычно фотосхемы и фотопланы используются как основа для нанесения данных дешифрирования с отдельных контактных отпечатков.

Для получения стереоскопической модели местности с целью ее детального изучения берут два соседних аэроснимка, перекрывающих друг друга и образующих так называемую стереопару. При рассматривании их под стереоскопом в зоне перекрытия образуется воздушная стереомодель местности. Следует при этом помнить, что прямой стереоэффект возникает лишь в том случае, если левый снимок помещен против левого глаза, а правый — против правого. Если снимки поменять местами, возникнет обратный стереоэффект, при котором горы представляются впадинами, а долины рек — горными хребтами.

Нормальным стереоэффектом обладает стереомодель местности, в которой вертикальный масштаб равен горизонтальному. Однако чаще всего первый превышает последний, что вызывает преувеличение высот рельефа. Подобный эффект обуславливается определенными соотношениями между фокусным расстоянием аэросъемочной фотокамеры и высотой полета самолета [265, 305]. Преувеличенный стереоэффект благоприятен при изучении равнинных или холмистых местностей, но в горных районах изображение рельефа становится слишком искаженным. Во избежание неправильных выводов при описании рельефа по стереомодели нужно иметь в виду часто преувеличенный стереоэффект.

Аэроснимки подвергаются как геоморфологическому, так и геологическому дешифрированию. Геоморфологическое дешифрирование основано на том, что в рельефе земной поверхности отражен его генезис и особенности развития. Поэтому изучение морфографических и морфометрических особенностей рельефа и взаимоотношений элементов, форм рельефа или их ассоциаций друг с другом необходимо для выяснения генезиса, возраста, истории развития и динамики

развития рельефа. Геоморфологическое дешифрирование должно всегда сопровождаться геологическим дешифрированием, которое дополняет первое и позволяет делать более обоснованные выводы. С его помощью можно установить, какими отложениями сложены дешифрируемые формы рельефа и каков их генезис. Геологическое дешифрирование необходимо для определения границ распространения поверхностей выравнивания, аккумулятивных равнин и террас различного генезиса, расшифровки форм денудационного рельефа, форм литоморфного рельефа и во многих других случаях. Геологическое дешифрирование помогает выявить влияние геологических факторов (геологической структуры, тектонических движений, вещественного состава горных пород и т. д.) на формирование рельефа.

Дешифрирование аэрофотоснимков позволяет установить роль неотектонических движений и структур в формировании рельефа. Оно позволяет выявить молодые растущие антиклинальные гряды, разломы, сдвиги и т. д. Эти формы распознаются по характеру их взаимоотношений с другими формами. Так, например, растущая антиклинальная гряда дешифрируется благодаря пересечению ее антецедентными участками речных долин.

За последнее время все шире применяется цветная аэрофотосъемка. Цветопередача увеличивает количество как прямых, так и косвенных дешифровочных признаков и делает дешифрирование более уверенным и более полным.

Геоморфологическое и геологическое дешифрирование в поле проводится путем сравнения и отождествления форм рельефа и районов развития тех или иных отложений с их изображениями на аэроснимках. Камеральное дешифрирование основано на прямых и косвенных дешифровочных признаках. К первым относятся те свойства фотографируемых объектов, которые непосредственно отражаются на снимках в фотоизображении тех или иных форм рельефа: внешний вид, плановая конфигурация, линейные размеры, объемные формы, составляющие в совокупности подгруппу геометрических признаков, и фотограмметрические признаки, включающие световые особенности или изменения фототона как на черно-белых, так и на цветных отпечатках. Фототон может меняться в зависимости от ряда признаков (цвета объектов, строения и состояния поверхности объектов, степени и характера освещенности, особенностей фотопленки, фотобумаги, светофильтров и т. д.). Поэтому прямой признак должен использоваться с осторожностью. При дешифрировании цветных аэроснимков дешифровочным признаком являются цветовые оттенки и степень их тональности.

Большинство форм рельефа хорошо дешифрируется по прямым признакам. К ним относятся формы речного происхождения (долины различных типов, эрозионные склоны и уступы, поверхности террас, бровки террас, речные береговые валы и т. д.), ледникового (конечноморенные валы, холмистый рельеф основной морены, боковые моренные валы в троговых долинах, троговые долины, кары, цирки, ледниковые озера и др.), ледниково-речного (камовые террасы, задровые равнины, флювиогляциальные террасы, озы и др.),

морского (морские террасы, береговые валы, косы, переймы и др.), эолового (бугристый эоловый рельеф, дюны, барханы и т. д.), карстового (поля, воронки, провалы, слепые долины и др.), криогенного (полигональный рельеф, гидролакколиты, наледи, бугристый рельеф и т. д.) происхождения. Конечно, это не полный перечень всех форм, но их следует рассматривать как примеры тех или иных форм, уверенно картируемых по прямым дешифровочным признакам.

Косвенные признаки обуславливаются взаимосвязью между различными компонентами географической среды, формами рельефа и геологическим строением. Одна из категорий косвенных признаков связана со взаимоотношениями одних форм рельефа с другими. Она позволяет установить последовательность образования форм рельефа, а следовательно, и их относительный возраст. Так, например, более высокие речные террасы — более древние по сравнению с нижерасположенными и более молодыми. Налегание конечных морен на поверхность какой-либо террасы и их отсутствие на ниже расположенной речной террасе свидетельствуют о том, что наиболее древней в данном случае является первая терраса, затем образовались конечные морены, а вторая терраса имеет наиболее молодой возраст.

Другая категория косвенных дешифровочных признаков обуславливается взаимосвязью рельефа и геологического строения. Они особенно ценны для целей геологического дешифрирования. Как правило, аккумулятивные формы рельефа сложены рыхлыми отложениями того же генезиса. Так, например, конечные морены сложены моренным материалом, аккумулятивные речные террасы — аллювием, дюны — эоловыми песками и т. д. Характер эрозионного расчленения, мезо- и микрорельеф нередко отражают особенности вещественного состава горных пород.

Различие между легко разрушающимися и устойчивыми породами особенно четко устанавливается в районах развития денудационного рельефа. При этом первым обычно соответствуют отрицательные, а вторым — положительные формы рельефа. Их ширина, простираение и плановый рисунок дают возможность восстановить геологическую структуру района. Горизонтальное залегание горных пород обуславливает ступенчатость рельефа (склонов водоразделов и речных долин), а моноклиналиное залегание пород — асимметричность гряд. Складчатая структура вырисовывается простираением гребней, хребтов, гряд или понижений между ними. Речная сеть часто отчетливо подчеркивает структурный план местности. Очень четко вырисовываются в плане речной сети основные направления трещиноватости. В этом случае она имеет коленчатое строение. Различные системы трещиноватости характерны для разных пород. Этот признак можно использовать для геологического дешифрирования. Интрузивные породы характеризуются чаще всего специфическим рельефом. Приведенные примеры показывают, что геоморфологические признаки очень важны для геологического дешифрирования.

С другой стороны, геологические признаки могут оказать суще-

ственную помощь при геоморфологическом дешифрировании. Так, например, выровненный рельеф с обнажающимися на земной поверхности геологическими образованиями, сложено смятыми в складки, позволяет установить здесь развитие поверхности субэразального денудационного выравнивания. Совпадение антиклиналей с горными хребтами, увалами или грядами может свидетельствовать о тектоническом, складчатом происхождении этих возвышенностей. Резкая смена геологического строения вдоль уступа позволяет установить тектоническое происхождение последнего. Если уступы выработаны в горизонтально залегающих породах вдали от речных долин, дешифровщик может сделать вывод об их тектоническом генезисе. На крупномасштабных снимках северных хорошо обнаженных районов можно отличать литологические разности рыхлых отложений (пески, галечники, глины); анализируя особенности их распространения и взаимоотношения с дешифрируемыми формами рельефа, можно установить их происхождение. Приведенные примеры не исчерпывают всего разнообразия случаев, с которыми можно встретиться при геоморфологическом и геологическом дешифрировании, пользуясь косвенными признаками второй категории.

Третья категория косвенных дешифровочных признаков обусловлена взаимосвязью рельефа, геологического строения и растительности. С теми или иными формами рельефа или отложениями нередко связаны специфические типы растительного покрова. Ввиду того что последний обнаруживает широтную зональность, при дешифрировании следует учитывать, в какой ландшафтно-географической зоне располагается изучаемый район. Так, например, на песках в таежной зоне распространены сосновые боры, в то время как в пустынных пески обнажены. На глинистых породах в таежной зоне поселяются елово-лиственные леса, в пустынях же глины обычно обнажаются в виде такыров с их специфическими полигональными отдельностями. Весьма отчетлива связь растительного покрова с формами рельефа. Так, например, гривистый рельеф поймы хорошо дешифрируется в умеренной зоне благодаря тому, что на дугообразно изогнутых грядах произрастают заросли тальника с примесью деревьев или сухие участки лугов, в то время как межгрядовые понижения заняты влажными лугами или болотами, которые на аэроснимках получают более темными, чем первые. При использовании растительности в качестве дешифровочного признака необходимо учитывать и времена года (сезонные изменения листопадных растений).

Четвертая группа косвенных дешифровочных признаков связана с деятельностью человека и животных. Хозяйственная деятельность человека в значительной степени связана с особенностями рельефа и геологическим строением. Поэтому ее проявления не должны игнорироваться при дешифрировании аэроснимков. В ряде случаев она может дать указание на генезис отложений или форм рельефа. Так, например, обнаружив на аэроснимке следы работы драги в виде мелкогрядового рельефа, можно делать вывод о развитии здесь аллювия, слагающего пойму или надпойменные террасы. В подавляющем большинстве случаев поселки и другие строения располагаются на

равнинных формах рельефа, сложенных рыхлыми отложениями. По местонахождению карьеров можно судить о том, какие породы в них разрабатываются: рыхлые или скальные и т. д. Следы выбросов из нор животных, различимые на аэроснимках, могут помочь картированию рыхлых отложений. На сухих, хорошо дренируемых участках отчетливо видны тропы животных. На плохо проходимых заболоченных и заторфованных участках они ветвятся и нередко теряются, а при выходе из них вновь собираются в хорошо заметную тропу и т. д.

Прямые и косвенные дешифровочные признаки не остаются неизменными. Они меняются при переходе от одного района к другому. Поэтому их приходится постоянно уточнять, применять то одни, то другие, отбрасывать старые и устанавливать новые.

Для дешифрирования необходимо иметь два комплекта аэроснимков, из которых один желательно на матовой фотобумаге. На этот комплект и наносятся все данные дешифрирования. Если второй комплект отсутствует, дешифровочные данные можно наносить на листы прозрачной кальки, накладываемые на контактные отпечатки. Обычно это делается черной тушью условными знаками по предварительно разработанной легенде. В качестве основы для составления последней могут быть использованы условные знаки, употребляющиеся на геоморфологических картах.

При геолого-геоморфологическом изучении аэрофотоснимков пользуются визуальным методом дешифрирования, приемами измерительного дешифрирования и инструментальными методами дешифрирования.

Визуальное дешифрирование является начальной стадией работы и сводится к общей оценке снимков, выделению хорошо дешифрируемых частей снимков и тех, которые должны подвергнуться более точному, инструментальному дешифрированию.

Н. Г. Келль [190] разработал простейшие графические измерительные методы определения простираний и углов падения наклонных поверхностей на аэроснимках, мощности отложений, вычисления превышений одних точек над другими, вопросы уточнения топографических карт (нанесением полугоризонталей, линий уступов, перегибов и т. д.). Для этих работ требуются: 1) удвоенный комплект контактных отпечатков; 2) чертежные принадлежности (карандаши, резинки, перочинный нож, рейсфедер, копировальная игла, измерительный циркуль, масштабная миллиметровая линейка, обыкновенные линейки и треугольники, транспортир, восковка, чертежная и миллиметровая бумага, черная, красная и зеленая тушь); 3) лупа; 4) две-три прозрачные целлулоидные линейки длиной 50 см с прочерченной посередине красной чертой; 4) стереоскоп СЗЛ-1 или «Циклоп».

Для простейшего инструментального дешифрирования обычно применяются упомянутые выше портативный зеркальный стереоскоп «Циклоп» конструкции Ф. В. Дробышева или зеркально-линзовые стереоскопы СЗЛ-1, Л-3 и т. д. Объекты, отдешифрированные на аэроснимках, переносятся на фотосхемы, фотопланы меньшего

масштаба или карты визуально либо инструментальным способом. Первый способ употребляется в тех случаях, когда не требуется особой точности. При втором способе применяют стереоскоп-пантограф СП-2, дающий точные результаты. Он применяется также для исправления, уточнения или дополнения карт по аэроснимкам.

Для определения превышений по аэроснимкам используют параллактические синусные линейки системы Ф. В. Дробышева [305], фотовысотомер Ф-2 конструкции А. Н. Лобанова [233], стереовысотомер СВ-5, разработанный ВАГТ и изготовляющийся экспериментальным оптико-механическим заводом ЦНИИГАиК [401], палетка-параллаксометр Ю. М. Трунина и Е. Г. Ермакова [418], различного типа параллаксометры и другие приборы. Кроме графического метода Н. Г. Келля [190] для определения элементов залегания пластов и поверхностей можно использовать также палетку геолога-дешифровщика, предложенную Ю. М. Труниным, В. Н. Брюхановым и В. М. Воеводой [417].

Ю. М. Трунин разработал, а ЦНИИГАиК выпустил геологический стереометр ВАГТ (ГС-2). Он предназначен для определения превышений, определения уклонов местности, измерения элементов залегания плоскостей пластов и разломов, определения мощностей отложений, нанесения на аэроснимки линий выхода пластов на дневную поверхность [416].

Для производства точных фотограмметрических измерений и рисовки рельефа по аэроснимкам употребляются стереокомпараторы, стереометры [315], стереорисовальные приборы (мультиплекс) и другие специальные приборы. Они используются фотограмметристами при составлении по аэроснимкам точных топокарт. Для пользования этими приборами геоморфолог должен пройти специальную теоретическую и практическую подготовку по стереофотограмметрии [130].

Стереокомпаратор употребляется для измерения параллаксов одноименных точек на стереопарах и определения их линейных координат. Топографический стереометр СТД-1 и СТД-2 (последняя усовершенствованная модель) конструкции Ф. В. Дробышева [130] применяются для рисовки горизонталей, определения превышений и автоматического внесения поправок в определяемые разности продольных параллаксов. Стереорисовальный прибор РП-6 конструкции М. Д. Коншина позволяет переносить данные дешифрирования со стереомодели местности на карту и выполнять стереоскопическую рисовку рельефа. Мультиплекс является аэропроектором, основанным на анаглифическом способе. Он создает воздушную стереомодель местности, которая рассматривается через специальные анаглифические очки. На стереомодели можно производить измерения при помощи специальной передвижной марки — измерительного столика [130, 266, 305]. Модель местности, создаваемая мультиплексом, может рассматриваться одновременно несколькими лицами. При необходимости ее можно восстанавливать любое количество раз. Благодаря тому что стереомодель в мультиплексе охватывает площадь нескольких аэроснимков, она дает возможность анализировать

геоморфологические особенности больших районов, изучать взаимоотношения одних форм рельефа с другими, определять их относительный возраст, проследживать и картировать геоморфологические границы и решать многие другие задачи. Таким образом, мультиплекс является прибором, чрезвычайно полезным при геоморфологическом дешифрировании и составлении геоморфологических карт.

Здесь нет возможности исчерпывающе осветить все стороны сложного комплексного процесса дешифрирования аэрофотоматериалов. Применение аэрометодов при геоморфологических исследованиях освещается в работах Б. С. Русанова [355], А. И. Спиридонова [394] и других. Обширна литература по методам геологического дешифрирования [83, 191, 236, 264, 266, 304, 306, 307, 502]. В ней обычно приводятся материалы по геоморфологическому дешифрированию. Сведения по применению аэрометодов при геологических исследованиях можно найти во многих региональных работах [266, 267, 298, 400, 459] и в сборниках статей [17, 18, 173, 197, 254].

Метод фотосъемки. Фотосъемка мало-, средне- и широкоформатными камерами доступна для каждого исследователя.

Для полевой работы наиболее удобны малоформатные камеры. Если предполагается вести съемки не только на черно-белой, но и на цветной пленках, то рекомендуется пользоваться двумя малоформатными камерами, одна из которых заряжена черно-белой, а другая цветной пленкой.

Необходимо выбирать точки съемок таким образом, чтобы объект фотографирования целиком помещался в кадре и имел передне-боковое освещение, наиболее удачно выявляющее скульптуру рельефа. Желательно для масштаба включать в кадры предметы, размеры которых известны (линейка, геологический молоток, тетрадь, телеграфный столб, фигура человека и т. д.). Если объект не вмещается в кадр, нужно снимать его широкоугольным объективом или фотографировать по частям.

Для того чтобы обеспечить получение фотоснимка хорошего качества без экспонометра, необходимо каждый объект фотографировать 3—4 раза при одной и той же диафрагме, меняя экспозиции, или при одной и той же экспозиции, меняя диафрагмы. В этом случае на стандартной пленке можно отснять не 36 объектов, а всего лишь 12, но зато будет гарантировано получение снимка хорошего качества, который всегда можно выбрать из 3—4 кадров.

Фотографирование обычно ведется с рук. Однако панорамы рекомендуется снимать с помощью панорамных головок на штативе или головок, которые могут укрепляться на различного рода подручных материалах.

По характеру фотографируемых объектов и технике съемки различают снимки: 1) мелких деталей рельефа, микроформ, деталей обнажений горных пород и т. д.; 2) охватывающие какую-либо форму рельефа целиком или группу аналогичных форм рельефа (например, отдельный гидролакколит или их группа); 3) форм рельефа различного генезиса, на которых можно анализировать их взаимоотношения друг с другом; 4) обзорные, охватывающие более или менее обширные

районы (горные хребты, равнины и т. д.); 5) панорамные, с круговым обзором или ограниченные какими-либо секторами; 6) перспективные, охватывающие большие территории и снимаемые с самолетов малоформатными камерами или аэрофотосъемочными камерами; 7) стереоскопические, дающие стереоэффект при рассматривании их через специальные очки.

При макросъемках чаще всего пользуются зеркальными камерами «Старт», «Зенит-3», «Практика», «Пентакон», «Экзакта-Варекис», но возможно использование и других камер. При этом обычно применяют удлинительные кольца, тубусы, макровизеры, фоккады, насадочные линзы [115].

При стереоскопической съемке получают стереопару снимков. При применении стереокамеры «Спутник» они могут быть получены одновременно. При использовании других камер необходимо применять стереонасадки, делая снимки последовательно один за другим. При этом нужно следить, чтобы снимаемый объект находился и в первом и во втором случае в центре кадра. Стереопары могут сниматься и без насадки перемещением камеры после первого снимка на ширину расстояния между центрами глаз человека (около 65 мм). Проще всего снимать так: один раз снимать при опоре на одну ногу, второй — при опоре на другую. При этом расстояние между ступнями должно соответствовать ширине плеч.

Панорамные съемки выполняются камерой, установленной (по уровню) строго горизонтально. Камеру поворачивают в том направлении, в котором движется пленка в фотоаппарате. При этом кадры должны перекрывать друг друга не менее чем на $\frac{1}{10}$.

В поле следует вести каталог снимков, в котором кроме технических данных (чувствительность и сорт пленки, экспозиция, диафрагма) нужно указывать место, с которого велась съемка (например, точка наблюдения 105, вершина с отметкой 874 м и т. д.), объект фотографирования, ориентировку снимка, азимуты на наиболее характерные ориентиры внутри кадра (вершины, перевалы, устья рек, здания и т. д.) и, если это необходимо, другие данные, поясняющие содержание снимка (например, названия рек, вершин, хребтов и т. д.).

С фотоснимков можно получить не только морфологические, но и морфометрические данные (например, сведения о высоте, ширине, крутизне и т. д. различных элементов рельефа).

Готовые отпечатки могут сопровождаться наложенной на них калькой, на которой наносятся дешифровочные материалы, отметки высот, мощности пластов и т. д. Иногда эти данные наносятся черной или цветной тушью непосредственно на снимки.

Полезные сведения по фотографии можно получить в любом руководстве [56], а применительно к геолого-геоморфологическим исследованиям — в работах Ф. С. Бабанкина [20], Г. М. Вировлянского [70], И. И. Гомельского [115] и других.

Метод киносъемки. Благодаря широкому распространению узкоплёночной киноаппаратуры появилась возможность использовать киносъемку при геоморфологических исследованиях. Для этого

применяются 16-миллиметровые кинокамеры 16С-1, 16С-2, «Электро-Адмира», АК-16 и 8-миллиметровые «Кама», «Спорт», «Нева», «Кварц», АК-8, «Пентака-8», «Адмира-8ПА» и др. Объективы этих аппаратов при диафрагмировании дают резкое изображение от предметов, расположенных у самой камеры, и до бесконечности. Эта особенность в сочетании с малыми габаритами и небольшим весом камер делает их удобными для научно-документальной съемки.

Киносъемка позволяет особенно наглядно показать рельеф района исследований, начиная с панорамных обзоров и кончая микроформами. Объект исследования может быть заснят с различных точек. Заслуживает внимания метод последовательного временного параллакса, дающий псевдостереоскопический эффект. Он достигается медленным передвижением камеры во время съемки. При этом объект съемки должен постоянно находиться в центре кадра. Киносъемка важна при изучении динамики развития рельефа. Она дает возможность наглядно показать характер действия водных потоков, абразионную деятельность волн, гравитационное перемещение материала по склонам и другие процессы морфогенеза. Иногда большой эффект для характеристики последних дают повторные или многократные съемки быстро развивающихся процессов (например, таяние ледяных стебельков и его влияние на гравитационное перемещение класического материала и т. д.).

Применение киносъемки при изучении рельефа представляет большое удобство, так как заснятые кинокадры можно просматривать неоднократно, возвращаясь к ним по мере необходимости.

Предварительные сведения по киносъемке можно найти в статье И. И. Гомельского [115], а более полные материалы в ряде специальных работ [59, 64, 113, 162, 214, 215, 410].

Метод наземной стереофотограмметрической съемки. При помощи этого метода получают фотоснимки с изображением рельефа, которые можно использовать для качественной и количественной оценки форм рельефа, изучать очертания их в плане, составлять детальную карту изучаемого участка с показом рельефа горизонталями, строить разрезы по выбранным направлениям. Для этой цели используются точные фотоаппараты с теодолитными элементами, необходимыми для установления положения оптической оси камеры в пространстве и правильной установки плоскости снимка. Эти приборы называются фототеодолитами. Наиболее употребительны фототеодолиты завода «Геодезия» — СЗ/В, 19/1318, ТАЛ. Последний применяется при экспедиционных исследованиях. В комплект фототеодолита входят фотокамера, соединенная с теодолитом, три штатива, три подставки, три визирные марки, 24 кассеты 13×18 см, юстировочная призма и зонт.

Съемку изучаемого участка местности проводят фототеодолитом с двух концов заранее измеренного базиса. В результате объект съемки подвергается прямой стереофотограмметрической засечке. Полученные снимки обладают стереоэффектом. Они пригодны для определения пространственных координат точек на местности. Для этого необходимо знать элементы внутреннего и внешнего

ориентирования и замерить на снимках координаты и параллаксы тех точек, пространственное положение которых необходимо определить на местности.

Координаты точек и параллаксы определяют на стереокомпараторе [130], остальные необходимые данные получают или непосредственными измерениями, или вычислениями. В результате определяют пространственные координаты точек, позволяющие нанести их на составляемую карту.

Существуют сложные приборы — стереоавтографы, автоматически вычерчивающие топографическую карту по стереопарам наземной стереофотограмметрической съемки [130]. Для стереофотограмметрической съемки, охватывающей большую территорию, намечают на местности не один, а несколько базисов с привязкой их к пунктам опорной геодезической сети.

Стереопары, полученные при помощи фототеодолита, позволяют детально охарактеризовать снятый на них рельеф. Они дают не только богатый материал по морфологии, но и позволяют провести многочисленные измерения, т. е. охарактеризовать рельеф и с количественной точки зрения. По снимкам могут быть определены абсолютные и относительные высоты форм рельефа, их длина, ширина, крутизна склонов. С их помощью можно получить точную информацию о рельефе труднодоступных участков горных хребтов, скалистых или заснеженных склонов и вершин и т. д.

Стереофотограмметрическая наземная съемка применяется также при изучении динамики процессов морфогенеза. В этом случае изучаемые объекты подвергаются повторному фотографированию из тех же точек, что и в первый раз, по истечении какого-либо установленного срока.

Наземная стереофотограмметрическая съемка, как правило, применяется для составления крупномасштабных карт и планов (1 : 5000, 1 : 2000) при условии полной видимости объекта и его хорошего освещения [130].

Можно рекомендовать в процессе геоморфологической съемки ставить в узловых, ключевых участках наземную фотограмметрическую съемку, с помощью которой в камеральных условиях можно получить почти исчерпывающие материалы по морфографии и морфометрии этих участков.

Теория, практика и опыт использования наземной стереофотограмметрической съемки освещаются в специальных работах [20, 37, 54, 130, 208, 233, 326].

Объемное изображение и изучение объемных моделей рельефа. Эти методы сводятся к ручному или автоматическому (при помощи сложных приборов) изготовлению объемных, т. е. рельефных, моделей местности различных масштабов. Если модели предполагается использовать не только для морфографического, но и для морфометрического изучения, их вертикальный и горизонтальный масштабы делают равными. Для увеличения наглядности в выражении форм рельефа вертикальный масштаб нередко преувеличивают (особенно для равнинных территорий).

Для изготовления объемной модели местности [33] берут топографическую карту и листы картона толщиной, соответствующей избранному вертикальному сечению. Для каждого сечения вырезают из картона площади, ограниченные вначале самой низкой горизонталью, а затем все более и более высокими горизонталями. Накладывая вырезанные листы картона (от низких к высоким отметкам) друг на друга, получают рельефную ступенчатую модель местности. Заполнив пространство между уступами какой-либо пластической массой, можно получить рельефную карту без ступенчатости. С изготовленной подобным способом модели можно сделать форму (из папье-маше или гипса) и с помощью последней размножить рельефную карту в нужном количестве экземпляров.

Способ автоматического механического копирования дает более совершенную рельефную модель местности. С изготовленной механическим путем формы можно сделать требуемое количество копий, которые обычно делаются из тонкого картона или пластмассы.

Объемные модели местности могут использоваться при геоморфологических исследованиях для характеристики морфографических и морфометрических особенностей рельефа.

Элементы и формы рельефа

Рельеф земной поверхности представляет собой сочетание различных форм, состоящих (подобно геометрическим телам) из простых элементов. Наиболее полная морфографическая классификация элементов и простых форм рельефа дана Ю. К. Ефремовым [139], которая с небольшими изменениями принята в данной работе.

Элементы рельефа. К элементам рельефа относятся характерные точки, линии и поверхности, на которые можно разложить любую форму.

Характерные точки Ю. К. Ефремов [139] предложил называть угловыми. Они образуются в результате пересечения линий или ребер рельефа (рис. 5). Некоторые точки связаны с положительными формами (вершинные и плечевые), другие — с отрицательными (устьевые, локтевые, глубинные), третьи — с комбинациями положительных и отрицательных форм (развилочные, перевальные), четвертые с любыми формами (поворотные). Одна и та же точка может одновременно обладать свойствами нескольких точек (например, колённые могут быть одновременно вершинными и устьевыми и т. д.).

Характерные линии рельефа образуются при пересечении различно ориентированных поверхностей (склонов, равнин и т. п.). В геометрии они называются *ребрами*, и этот термин можно вполне употреблять и в геоморфологии.

Система угловых точек и ребер, установленная на местности, аэрофотоснимках и топокартах, определяет геометрический каркас рельефа и составляет основу геоморфологической карты.

По положению в рельефе ребра подразделяются на две большие группы: а) образованные положительным сочленением поверхностей (например, водораздельные линии, бровки террас и т. д.) и б) соз-

данные отрицательным сочленением поверхностей (например, тыловые швы и др.). Линии (ребра) первой группы поэтому располагаются на выступающих частях (формах) рельефа, а второй группы — в углублениях рельефа.

Многие характерные линии получили специальные названия: 1) бровки — линии, образованные положительным сочленением поверхностей речных, озерных, морских или флювиогляциальных террас с плоскостями уступов, идущих вниз от них; 2) тыловые швы — линии, созданные отрицательным сочленением поверхностей террас с поднимающимися выше их склонами и уступами выше-

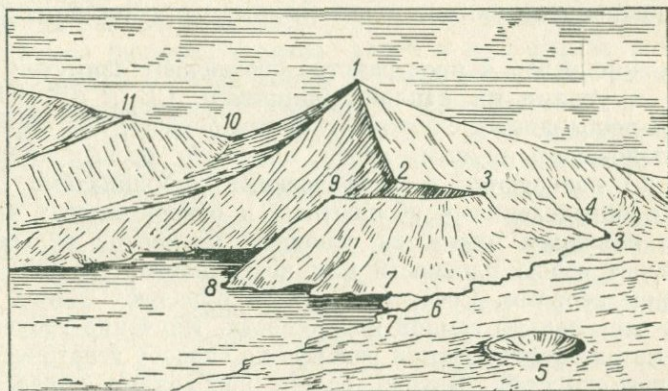


Рис. 5. Угловые точки рельефа по Ю. К. Ефремову [139].

1 — вершинная; 2 — локтевая; 3 — поворотная (коленная); 4, 7 — устьевая и в то же время изголовья (вершины бухты); 5 — глубинная; 6 — развилочная; 8 — мысовая; 9 — плечевая; 10 — перевальная; 11 — узловая.

расположенных террас; 3) линии подошвы или подножий возвышенностей, образующиеся в местах сочленения склонов возвышенностей с подходящими к ним равнинами различного генезиса; 4) линии перегибов склонов — линии положительного или отрицательного сочленения различно ориентированных склонов, они могут быть горизонтальными, вертикальными или наклонными (под различными углами) и иметь различные простирания; 5) линии водоразделов или гребни, возникающие в результате положительного сочленения противоположных склонов; 6) линии тальвегов, совпадающие с линиями наибольшего падения ложа русловых потоков; 7) береговые линии со следами уровней стояния древних озерных и морских бассейнов; 8) линия морозного забоя, располагающаяся в тыловых швах нагорных террас.

По отношению к плоскости горизонта различают ребра горизонтальные, наклонные, вертикальные (или отвесные), нависающие. По форме выделяются простые (элементарные) и сложные ребра, состоящие из элементарных. К первым относятся прямолинейные, ко вторым — ломаные или изогнутые (в плане и профиле) ребра.

По форме профиля обычно различают ребра выпуклые, вогнутые, выпукло-вогнутые, прямолинейные, ступенчатые, зубчатые, пилообразные и т. д. По происхождению ребра разделяются на две большие группы: эндогенные (тектонического, вулканического, интрузивного происхождения) и экзогенные (эрозионного, ледникового, эолового и т. д.).

Ребра не всегда четко выражены в рельефе. Чем они древнее, тем больше сглажены и округлены. Степень сохранности и морфологические особенности ребер должны учитываться при геоморфологическом картировании и передаваться специальными условными обозначениями (например, резко выраженные ребра можно изображать сплошными линиями, а сглаженные — прерывистыми, пунктирными).

Положение ребер в пространстве обозначают азимутом их простирания и углами их наклона (например, СВ $< 70^\circ$, ЮЗ $< 15^\circ$ и т. д.). В необходимых случаях (главным образом для определения точного положения крупных ребер, например осевых линий хребтов и т. д.) пользуются географическими координатами (долгота, широта) и определениями абсолютных и относительных высот.

Грани являются одним из основных элементов рельефа. Они представляют собою плоскости или поверхности, ограниченные со всех сторон ребрами. Сочетания граней образуют формы рельефа и вообще весь рельеф земной поверхности. Изучение граней лежит в основе метода картирования рельефа по способу генетически однородных поверхностей. Изучая грани, необходимо определять их положение в пространстве, размеры, форму и очертания в плане и в профиле, особенности микрорельефа, генезис, возраст. Определяя положение граней в пространстве, необходимо указать их ориентировку (экспозицию) по отношению к странам света (например, юг, север, юго-восток и т. д.), азимут падения (наклона) и угол наклона (например, СЗ $< 25^\circ$, ЮВ $< 38^\circ$ и т. д.), абсолютную и относительную высоту и их положение среди других граней, образующих изучаемую или смежные формы рельефа.

По отношению к плоскости горизонта выделяются поверхности, близкие к горизонтальным, и поверхности наклонные (склоны). По крутизне различают поверхности со слабо заметным уклоном ($0-2^\circ$), слабо пологие ($5-12^\circ$), очень пологие ($12-15^\circ$), пологие ($15-30^\circ$), крутые ($30-45^\circ$), очень крутые ($45-60^\circ$), чрезвычайно крутые ($60-75^\circ$), близкие к отвесным ($70-90^\circ$) и нависающие (90°) [323]. Однако общепринятой классификации поверхностей по степени крутизны нет. Другие авторы дают иные оценки, относя к пологим менее крутые склоны, чем указано выше.

По положению в рельефе субгоризонтальные грани представляют собой поверхности плато, равнин, террас, плоских водоразделов и т. п., а наклонные — склоны горных возвышенностей, долин, абразионные, тектонические уступы и т. д.

Грани бывают плоскими и изогнутыми как в плане, так и в профиле. Различают выпуклые, выпукло-вогнутые, волнистые склоны. Они могут быть осложнены разнообразными формами микро- и

нанорельефа (эрозионными бороздами, суффозионными и карстовыми просадками, экзарационными шрамами и бороздами и т. д.).

Грани различаются также по генезису (см. раздел «Генезис рельефа» в гл. III).

Формы рельефа бывают простыми и сложными. Первые состоят из одной или нескольких граней (террасы, уступ и др.), последние — из сочетания многих граней или меньших по размеру форм рельефа (хребет, речная долина и др.). Как правило, крупные формы являются сложными.

Формы рельефа делятся на положительные (холм, гора, хребет) и отрицательные (карстовая воронка, долина, впадина и др.). Среди тех и других различаются замкнутые (гора, хребет, воронка и т. д.) и незамкнутые (долина, терраса, уступ и др.) формы.

По очертаниям в плане формы рельефа могут быть удлинёнными, округлыми, неправильных очертаний, изогнутыми и т. п. По различиям продольного профиля выделяются, по Ю. К. Ефремову [139], формы равновысотные и разновысотные, равнонаклонные и разнонаклонные, ступенчатые, зубчатые, волнистые и т. д. По особенностям поперечного профиля различаются формы симметричные и асимметричные, ступенчатые, округленные, остроугольные и др.

В зависимости от размеров выделяют микроформы (кочки, небольшие бугры, небольшие западины, рытвины, эрозионные борозды и т. д.), мезоформы (увалы, террасы, склоны речных долин и т. д.) и макроформы (хребты, равнины, крупные стратовулканы и т. д.).

Формы могут классифицироваться также и по другим морфографическим и морфометрическим признакам (например, по особенностям наложенного экзогенезиса, абсолютным или относительным высотам, по степени и глубине наложенного эрозионного расчленения, по ориентировке к преобладающим ветрам, по ориентировке к странам света и т. д.), которые вместе с классификациями по генезису и возрасту рассматриваются в гл. IV, V, VI.

При изучении форм рельефа необходимо собрать материалы по их морфографической и морфометрической характеристике (абсолютные и относительные высоты или глубины, морфологические особенности, степень крутизны склонов, азимуты их падений, ориентировка по странам света, ориентировка к преобладающим ветрам, форма в плане и в поперечных сечениях, длина, ширина и т. д.). Особое внимание следует уделить анализу особенностей расположения изучаемой формы среди других форм, раскрытию их взаимосвязей, изучению пространственного расположения однотипных и разнотипных форм, исследованию их сочетаний, в результате которых образуются формы более высокого таксономического ранга, типы рельефа или геоморфологические ландшафты [472]. Детальные программы изучения форм рельефа различного генезиса даны в гл. IV и V.

Формы рельефа изображаются на геоморфологических картах непосредственным картированием, сочетаниями генетически однородных поверхностей или условными внесмасштабными знаками, если они не выражаются в данном масштабе (см. гл. VI).

Генезис наряду с морфологией и возрастом входит в характеристику любой таксономической категории рельефа, начиная от наиболее простых (в виде генетически однородных поверхностей) до наиболее сложных (к которым относятся сочетания форм или типов рельефа). Он подлежит обязательному отображению на геоморфологической карте.

Изучение генезиса рельефа является одной из наиболее существенных задач геоморфологических исследований. Оно позволяет восстановить историю зарождения и развития изучаемых форм рельефа, объяснить их морфологические особенности, найти наиболее рациональные способы их хозяйственного использования и освоения, оценить перспективы поисков полезных ископаемых, связанных с изучаемыми формами рельефа, и наметить наиболее рациональную методику их поисков. Изучение генезиса необходимо для совершенствования и дальнейшего развития теоретической базы геоморфологии.

Основные генетические категории рельефа

Классифицировать по генезису можно любые категории рельефа (границы или генетически однородные поверхности, формы рельефа, типы рельефа и т. д.), которые ниже обозначаются термином свободного пользования — элементами рельефа.

В зависимости от того, какие факторы оказывают господствующее влияние на формирование рельефа (экзогенные или эндогенные), различаются эндогенные и экзогенные элементы рельефа. В первой группе выделяются тектоногенные и вулканогенные элементы. Среди тектоногенных различаются положительные и отрицательные элементы, предопределенные складчатыми и разрывными деформациями (антиклинальные хребты, горсты, грабены, тектонические уступы и др.). К вулканогенным относятся аккумулятивные и выработанные элементы рельефа, созданные эффузивными, экструзивными и эксплозивными процессами (вулканические плато, стратовулканы, кальдеры, маары и др.). Эндогенные элементы в той или иной степени изменены наложенными экзогенными процессами.

Вторая большая группа включает аккумулятивные и выработанные экзогенные элементы (морского, озерного, речного, ледникового, водно-ледникового, эолового, карстового, денудационного происхождения, антропогенные или техногенные, биогенные элементы, а также рельеф сложного происхождения: речного и морского, речного и озерного, эрозионно-денудационного, денудационно-абразионного, денудационно-экзарационного и т. п.). Примерами этих элементов являются морские, озерные равнины, речные террасы, поверхности денудационного выравнивания, эрозионно-денудационные склоны и т. д.

Выше дана лишь грубая схема генетической классификации с выделением наиболее крупных таксономических категорий, не исчерпывающая всего генетического разнообразия рельефа земной

поверхности, но хорошо его иллюстрирующая. Генетические классификации рассматриваются в гл. VI, поэтому нет необходимости приводить их здесь. Характеристика и методика изучения генетических категорий различных элементов рельефа освещается в главах IV и V.

Методы изучения

Со времени зарождения геоморфологии и до наших дней накопился довольно значительный материал по происхождению рельефа. Генезис многих форм и элементов рельефа в настоящее время установлен с определенностью, не вызывающей сомнений. Поэтому в ряде случаев можно установить происхождение какой-либо формы по ее внешнему виду. Так, например, не возникает затруднений в определении генезиса речных террас, так как они связаны с речными долинами, занимают в них вполне определенное место и имеют характерные особенности. Однако в большинстве случаев такой визуальной оценки бывает недостаточно для определения происхождения изучаемой формы и требуется тщательное и детальное исследование с применением комплексной методики. В речных долинах могут встретиться образования, лишь внешне похожие на террасы, но имеющие другое происхождение. К ним относятся солифлюкционные и нагорные террасы на склонах речных долин, плоские конусы выноса боковых притоков, срезаемые руслом основной реки, остатки береговых морен, педименты.

В большинстве случаев нам известны лишь общие вопросы экзогенного морфогенеза, тонкости же механизма этих процессов все еще остаются неясными. Поэтому происхождение некоторых форм рельефа к настоящему времени остается невыясненным или известным лишь в общих чертах. В качестве примеров можно привести образование нагорных террас, в отношении генезиса которых высказано много гипотез. Проблематичным остается также формирование краевых ледниковых образований, рельефа областей древнего шельфового оледенения, поверхностей денудационного выравнивания, педипленов и многих других форм.

Что касается эндогенного рельефа, то его происхождение выясняют, основываясь на анализе деформаций земной поверхности, для чего исключают все наложенные экзогенные формы, на анализе геологических структур и их соотношении с рельефом, исследовании вулканогенных форм, современных и древних вулканических процессов. Отметим, что в ряде случаев определение генезиса эндогенных форм не вызывает затруднений. Это относится к вулканогенным формам: вулканам, вулканическому плато, кальдерам и т. д.

Более сложный вопрос — выявление генезиса тектонических форм рельефа, вызвавший многочисленные гипотезы. Таковы, например, споры о складчатом или глыбовом строении тех или иных хребтов (являются ли они антиклиналями, большими складками или горстами), о характере создавших их движений (возникли ли изучаемые формы в результате вертикальных или горизонтальных движений, сжатия или расширения) и т. д. Возможности и способы решения

многих из этих спорных вопросов связаны с современным состоянием геотектонической теории, а последняя во многих отношениях к настоящему времени еще недостаточно разработана. Однако не следует отказываться от попыток решения этих проблем, так как геоморфологические исследования в сочетании с геологическим изучением района могут дать для этого необходимые материалы.

Определение генезиса рельефа основано на изучении эндогенных и экзогенных процессов рельефообразования (как древних, запечатлевшихся в геологических разрезах, так и современных), их соотношения друг с другом, меняющихся во времени и пространстве, и их геоморфологического выражения.

Для определения генезиса современного рельефа большое значение имеют наблюдения над современными эндогенными и экзогенными процессами и создаваемыми ими формами, которые могут быть охарактеризованы не только в качественном, но и в количественном отношении. Установленные при этом закономерности можно применить для выявления генезиса древнего реликтового (наземного или погребенного) или реконструируемого рельефа, используя метод актуализма. Применяя этот метод, необходимо учитывать изменение палеогеографических и палеогеологических условий рельефообразования в различные эпохи геологической истории.

Изучая происхождение рельефа, нужно помнить, что в процессе зарождения, возникновения и развития каждая форма рельефа вступает в сложную связь и взаимодействие с окружающей средой. Поэтому лишь в редких случаях формы рельефа создаются каким-либо одним агентом. Обычно в процессе морфогенеза участвует несколько агентов, сложно взаимодействующих друг с другом. Так, например, растущая на земной поверхности антиклинальная складка с момента своего зарождения испытывает воздействие склоновой денудации и речной эрозии. В результате совместной деятельности положительных тектонических движений и агентов денудации возникает сложно расчлененный горный хребет.

Определив, что в образовании изучаемой формы рельефа участвовало несколько агентов морфогенеза, необходимо оценить значение каждого из них. При этом обычно выясняется, что один из них является ведущим, а остальные второстепенными. Поэтому в определении изучаемой формы рельефа обычно включают лишь ведущий агент морфогенеза (реже два агента — для форм сложного происхождения). Так, например, стратовулкан относят к вулканогенным формам рельефа, хотя на него воздействует эрозионная деятельность, создающая барранкосы, солифлюкционные, гравитационные и другие процессы. Однако решающее значение для образования описываемой формы имели процессы вулканизма.

При двух ведущих агентах или факторах морфогенеза они оба включаются в определение рельефа. Так, например, склоны речных долин в гумидном климате формируются под влиянием не только эрозии, но и процессов комплексной денудации и поэтому должны относиться к формам эрозионно-денудационного генезиса.

Для изучения происхождения рельефа используются геоморфологические, геологические, географические и геофизические методы. Большая часть из них описана выше, в гл. II, что позволяет здесь ограничиться лишь их кратким перечислением.

Из геоморфологических методов употребляются морфоструктурный, морфонеотектонический, сравнительно-морфологический, историко-морфологический, анализа геоморфологических циклов, анализа геоморфологических уровней (в том числе полигенетических поверхностей выравнивания), регионального геоморфологического анализа, анализа факторов морфогенеза, геоморфологического эксперимента.

Из геологических методов наиболее важны методы анализа петрографо-минералогического состава горных пород, литолого-фациального анализа, структурно-фациального анализа, анализа тектонической структуры, анализа мощностей, анализа соотношений фаций с их мощностью, гранулометрического анализа, химического анализа, анализа текстур осадочных пород, стратиграфический, анализа стратиграфических перерывов, палеонтологический и др.

В перечень географических методов необходимо включить методы ландшафтного картирования, геохимии ландшафтов, климатологического анализа, микроклиматических исследований, гидрологического анализа, картографический, биогеографические, анализа современных и ископаемых почв, гляциологический, мерзлотной съемки, аэродинамический, палеогеографический и др.

Из геофизических методов наиболее употребительными являются магнитометрический, гравиметрический, электрометрический и сейсмический.

Надежность полученных выводов о генезисе изучаемого рельефа обуславливается тем, насколько комплексной была методика исследований. Как правило, нельзя ограничиваться каким-либо одним методом. Необходимо применять, по крайней мере, несколько методов.

ВОЗРАСТ РЕЛЬЕФА

Возраст рельефа, наряду с морфологическими особенностями и генезисом, — одна из наиболее существенных его характеристик. Определение возраста изучаемых элементов рельефа позволяет установить закономерности формирования и реконструировать историю их развития.

Определяя возраст рельефа, необходимо пользоваться не одним каким-либо методом, а их комплексом. Только применяя комплексную методику, можно получить надежные результаты.

Существующие представления о возрасте рельефа

До сих пор временная характеристика рельефа ограничивалась понятием «возраст рельефа», которое различными исследователями трактовалось неодинаково. Существуют представления о геоморфологическом и геологическом возрасте рельефа.

Понятие о геоморфологическом возрасте рельефа разработано В. М. Дэвисом [133], который рассматривал его как стадии развития рельефа «молодого», «зрелого» и «дряхлого». Эти стадии не связаны с геохронологической шкалой и поэтому не могут быть использованы для выявления эволюции рельефа во времени.

Представление о геологическом возрасте рельефа предусматривает понятия относительного и абсолютного возраста. Под относительным геологическим возрастом понимается возраст рельефа, выраженный в единицах относительной геохронологической шкалы (начало сенона — конец миоцена и т. д.). Абсолютный возраст определяется в единицах абсолютной геохронологии (в годах, тысячах лет, миллионах лет и т. п.).

Различные исследователи вкладывают в понятие «возраст рельефа» разное содержание.

По К. К. Маркову [247, с. 132], «возраст рельефа есть понятие абсолютной давности его возникновения». Он отмечает, что «выражение возраст рельефа содержит в себе внутреннее противоречие. Оно заключается в том, что это выражение применяется к современному облику страны. Говоря о возрасте рельефа, исследователь имеет в виду древний рельеф, подобие которого он видит, — *подобие, но не тождество*» (курсив К. К. Маркова).

Геологический словарь [97] определяет возраст рельефа как время, прошедшее с момента его образования.

Г. В. Вахрушев и др. [289] предлагают включить в понятие «возраст рельефа» два определения: период выработки изучаемой формы рельефа в современном виде и время выработки ее «основных черт».

Ю. Ф. Чемеков [453] считает, что в процессе развития каждой формы рельефа различаются фаза прогрессивного развития (время, в течение которого господствуют условия морфогенеза, благоприятные для возникновения и формирования изучаемого рельефа) и фаза регрессивного развития (время, в течение которого господствуют условия морфогенеза, неблагоприятные для развития изучаемой формы рельефа в том направлении, в котором она развивалась в первую фазу, вызывающие ее разрушение и исчезновение). Переход от первой фазы ко второй происходит в результате изменения условий рельефообразования. При этом ранее прогрессивно развивавшиеся формы рельефа переходят в реликтовое состояние и со временем разрушаются, уступая место новым прогрессивно развивающимся формам рельефа, для которых вновь установившиеся условия морфогенеза благоприятны. Реликтовыми формами называются формы рельефа, находящиеся в фазе регрессивного развития. Возраст рельефа Ю. Ф. Чемеков определяет как длительность его существования с момента возникновения до момента исчезновения (включая фазу прогрессивного развития и фазу регрессивного развития), привязанную тремя возрастными координатами (дата возникновения, дата перехода в реликтовое состояние и дата уничтожения) к шкале относительной или абсолютной геохронологии.

Ю. Ф. Чемеков [453] разработал систему индексации в виде временных (возрастных) формул. Примером является формула $Pg_3^1 \wedge N_1^1 \vee Q_4 \rightarrow$. Здесь знаком \wedge обозначена фаза прогрессивного развития, знаком \vee — фаза регрессивного развития, стрелка указывает на незавершенность развития. Эта формула читается следующим образом: изучаемая форма рельефа возникла в раннем олигоцене, ее прогрессивное развитие продолжалось до раннего миоцена, когда она перешла в реликтовое состояние (фазу регрессивного развития), продолжающееся и по настоящее время.

Возраст, длительность формирования и существования рельефа

Указанные выше разногласия являются следствием неправомерности отождествления временной характеристики рельефа с одним лишь понятием «возраст рельефа». Последнее в действительности является только частью этой характеристики.

Для того чтобы наиболее полно раскрыть развитие рельефа во времени, необходимо различать по крайней мере три временные категории: длительность формирования рельефа, геологический возраст рельефа и длительность существования реликтового рельефа. Каждая из них, отдельно взятая, освещает лишь одну из сторон исторического процесса развития рельефа и только в сумме они дают полное представление о развитии рельефа во времени.

Под длительностью формирования понимается время, прошедшее с начала формирования рельефа до его завершения. Обе эти даты привязываются к шкале относительного или абсолютного возраста и обозначаются двумя индексами (например, $Pg_3^1 - N_1^1$).

Длительность формирования рельефа прямо пропорциональна таксономическому рангу (размерности) изучаемых категорий рельефа. В первом приближении она составляет для крупнейших (планетарных) морфоструктур — эры, для мезоформ — периоды, для микро- и наноформ — от веков до суток. Эти оценки очень приблизительны. Существуют достаточно крупные формы рельефа (например, вулканические конусы, кальдеры, лавовые поля и другие вулканогенные формы), которые возникают мгновенно. Для этих форм длительность формирования практически совпадает с их возрастом и обозначается одним индексом (например, N_1^1). К этой же категории относятся тектонические уступы, возникающие во время землетрясений, формы, создаваемые обвалами и оползнями, и т. д.

В тех случаях, когда неизвестна временная координата начала формирования изучаемой формы рельефа, длительность формирования, естественно, остается неопределенной и приходится ограничиваться установлением лишь геологического возраста рельефа.

Под геологическим возрастом рельефа понимается время завершения его формирования и перехода в реликтовое состояние, когда изучаемая форма рельефа перестала испытывать воздействие того комплекса процессов морфогенеза, под чьим влиянием она была сформирована. Геологический возраст рельефа обозначается одним

индексом (например, N_1^1). Это понятие дает возможность установить последовательность образования тех или иных форм рельефа в геологическом прошлом Земли (и, в частности, в пределах исследуемой территории).

Переход в реликтовое состояние может быть катастрофически быстрым (при извержениях, при землетрясениях и других мгновенно или быстро протекающих геологических явлениях) или занимать более или менее значительный отрезок времени (для крупных, сложно построенных форм рельефа).

Чем ниже таксономический ранг исследуемого объекта, тем легче определить его возрастную характеристику. Так, например, установление геологического возраста относительно несложных форм рельефа, особенно аккумулятивных (речных, озерных, морских террас и т. п.), сравнительно просто. Труднее определить геологический возраст сложных форм рельефа, отдельные элементы которого гетерохронны. Такие трудности возникают при изучении крупных таксонов, например горных стран. Если рассматривать горную страну в целом, то она в большинстве случаев предстает перед исследователем как развивающаяся в настоящее время, т. е. имеет современный возраст. Вместе с тем внутри горной страны могут существовать как реликтовые формы, сохранившиеся от предшествующего этапа развития рельефа (например, поверхности выравнивания), так и совсем молодые, формирующиеся на глазах человека (поймы в долинах рек, золотые формы и др.). Однако это объекты другого, более низкого таксономического ранга, и их возраст не может влиять на определение возраста горной страны в целом.

Длительность существования реликтового рельефа — время, в течение которого сохраняется завершившая свое развитие форма рельефа. Она обозначается двумя индексами (например, $N_1^1 - N_2^2$), из которых первый указывает на момент перехода изучаемой формы рельефа в реликтовое состояние (т. е. геологический возраст рельефа), а второй — на время исчезновения этой формы.

Существование древнего, ныне исчезнувшего, рельефа подтверждается геологическими методами (см. гл. II). Так, например, наличие аллювиальных отложений в геологическом разрезе верхнемеловых отложений и изучение их фаций позволяют реконструировать долину позднемеловой реки, оставившей эти отложения.

Если форма рельефа сразу же после своего возникновения оказалась уничтоженной или полностью переработанной деструктивными процессами, длительность ее существования в реликтовом состоянии становится близкой к нулю. Тогда время существования рельефа отождествляется с его геологическим возрастом. Если реликтовая форма продолжает существовать и в настоящее время, то длительность ее существования определяется временем, прошедшим с момента перехода в реликтовое состояние до современности (например, $N_1^1 - Q_4$). Наибольшей сохранностью и длительностью существования характеризуются погребенные формы рельефа.

Естественно, что только всесторонний анализ рельефа с привлечением данных об историческом взаимодействии и смене комплексов

рельефообразующих процессов может позволить сделать правильные заключения о временных категориях изучаемых форм рельефа. Следует помнить, что любые определения временных категорий являются некоторой схематизацией основных этапов сложного и непрерывно протекающего процесса развития рельефа во времени и пространстве. При изучении этого процесса и анализе временных категорий весьма полезно применять понятие фаз прогрессивного и регрессивного развития рельефа [453], определение которых дано выше, см. с. 94.

Методы определения возраста рельефа

Описываемые методы можно подразделить на три группы: геологические, геоморфологические, биогеографические.

Геологические методы основаны на определении возрастной характеристики рельефа по его соотношениям с теми или иными отложениями, возраст которых устанавливается палеонтологическими методами (определением ископаемых остатков животных и растений), методами абсолютного возраста (по содержанию радиоактивных изотопов углерода, радия, тория, урана и др., по скорости осадконакопления, по степени выщелачивания и т. д.), палеомагнитным методом и другими, которые рассмотрены в гл. II.

К геологическим относятся методы сингенетичных отложений, фациальных переходов, коррелятивных (или коррелятных) отложений, возрастных рубежей, аналогий.

Метод сингенетичных отложений [453] применяется для определения возрастной характеристики аккумулятивных форм рельефа. В этом случае длительность формирования последних соответствует времени образования слагающих их отложений, а возраст форм — возрасту верхнего (наиболее молодого) слоя из слагающих эти формы отложений. Длительность существования в реликтовом состоянии (фаза регрессивного развития) отвечает времени, прошедшему от даты, характеризующей возраст, до голоцена включительно.

Этот метод может применяться и для определения возрастной характеристики выработанных форм, если на поверхности последних имеются одновозрастные им отложения (например, кора выветривания на пенепах и педипах и т. д.).

Метод фациальных переходов [247] применяется при определении возрастной характеристики аккумулятивных форм рельефа, сложенных немymi отложениями. В этом случае прослеживается переход последних в другие фации или отложения иного генезиса, возраст которых установлен. Так, например, возраст «немой» конечной морены, слагающей какой-либо конечноморенный вал, можно определить по возрасту синхронных ей флювиогляциальных отложений, образующих террасу или зандровую равнину, примыкающую к указанной конечной морене, если возраст флювиогляциальных отложений известен. Аналогичным образом устанавливаются длительность формирования изучаемого рельефа и длительность его существования в реликтовом состоянии.

Метод коррелятивных (или коррелятных [247]) *отложений* применяется для определения возраста выработанных форм (например, поверхностей денудационного выравнивания и т. д.). В основе его лежит явление сопряженности процессов денудации и аккумуляции во времени и пространстве. Во время формирования выработанного рельефа различные агенты и процессы денудации непрерывно выносят продукты разрушения, которые откладываются в смежных участках аккумуляции (депрессиях, впадинах), образуя коррелятивные осадки. Время образования последних соответствует длительности формирования изучаемого рельефа, а возраст последнего аналогичен возрасту верхнего горизонта (слоя, пласта) коррелятивных данному рельефу отложений.

Изучая какую-либо форму рельефа, например поверхность выравнивания, нужно определить пути древнего и современного сноса и выявить области аккумуляции осадков, сносимых с нее. При этом используют как геоморфологические и топографические признаки (наклон поверхности выравнивания к базису денудации и к области аккумуляции), так и геологические (сходство петрографического и минералогического состава рыхлых отложений с составом коренных пород области денудации и т. д.). История формирования поверхности выравнивания запечатлена в коррелятивной ей толще осадков. При этом наиболее древним ее этапам отвечают более глубоко залегающие горизонты древней толщи, наиболее молодым — верхние. Изучение геологического разреза коррелятивных отложений позволяет определить возрастные категории рельефа области денудации.

Метод возрастных рубежей [247] применяется при определении возраста аккумулятивных и скульптурных форм. Если аккумулятивная форма сложена немymi отложениями, устанавливают возраст верхнего горизонта подстилающих отложений, что дает дату возникновения изучаемой формы, и возраст отложений, перекрывающих изучаемые отложения (или прислоненных к ним, вложенных в них), что дает дату перехода в реликтовое состояние изучаемой формы. Возраст исследуемого немого слоя, таким образом, будет равен времени, заключенному между указанными датами. Так, например, если первая дата соответствует концу среднего плейстоцена, а последняя — раннему голоцену, то возраст изучаемых отложений определяется как верхний плейстоцен.

Описываемый метод может давать неправильные оценки в тех случаях, когда наблюдается значительный перерыв в осадконакоплении между подстилающими и изучаемыми осадками и между последними и перекрывающими их отложениями.

При изучении возраста выработанных форм метод возрастных рубежей сводится к определению возраста стратиграфического перерыва, в течение которого произошло их образование. Дата возникновения исследуемой формы определяется возрастом наиболее молодых отложений, срезаемых поверхностью изучаемой формы. Дата перехода в реликтовое состояние (геологический возраст) устанавливается по возрасту наиболее древних из перекрывающих

или прислоняющихся отложений. Так, например, если поверхность эрозионной террасы срезает плиоценовые и нижнеплейстоценовые отложения, то нижняя возрастная граница определяется как ранний плейстоцен. Если на описываемую террасу налагают верхнеплейстоценовые отложения, то верхняя возрастная граница определяется как поздний плейстоцен. Стратиграфический перерыв, а следовательно, и время формирования террасы составляют средний плейстоцен. Если поверхность денудационного выравнивания сечет дислоцированные мезозойские отложения, наиболее молодые из которых являются маастрихтскими, то дата их возникновения определяется как послемаастрихтская. Определение даты возникновения поверхностей выравнивания по описываемому методу дает удовлетворительные результаты лишь в молодых складчатых областях. В районах длительной денудации древних осадочных, метаморфических и кристаллических толщ метод должен применяться с большой осторожностью во избежание грубых ошибок.

Дата перехода в реликтовое состояние (или собственно геологический возраст рельефа) для погребенных поверхностей выравнивания определяется по возрасту наиболее древних из перекрывающих отложений. На приподнятых и расчлененных поверхностях эта дата устанавливается по возрасту наиболее древнего аллювия во врезанных в них долинах или других генетических типов отложений, образовавшихся после перехода поверхностей в реликтовое состояние. Образование наиболее древних из этих отложений синхронно (с некоторым приближением) поднятию, эрозионному врезу и моменту превращения изучаемой формы в реликтовую. Так, например, если в долинах рек, расчленяющих приподнятую поверхность выравнивания, наиболее древний аллювий является плиоценовым, то дата превращения ее в реликтовую форму определяется доплиоценом.

Дата возникновения формы и дата перехода ее в реликтовое состояние используются для установления затем длительности формирования изучаемого рельефа (фаза прогрессивного развития), а последняя дата определяет его геологический возраст.

Метод аналогий. Если в пределах смежных форм рельефа, сформировавшихся в аналогичных (или близких) условиях, имеющих сходную гипсометрическую и морфологическую характеристику и однородный генезис, распространены тождественные или близкие по каким-либо характерным свойствам рыхлые сингенетичные породы, то с известной долей вероятности их можно считать одновозрастными. Поэтому определение возраста, сделанное для одной из них, может быть распространено и на другие аналогичные формы. Этот метод можно применять к изучению как аккумулятивных, так и скульптурных форм рельефа. В первом случае коррелируются рыхлые отложения, во втором — продукты выветривания коренных пород и имеющиеся местами рыхлые отложения на поверхности скульптурных форм (делювий, элювий, кора выветривания и т. д.).

Геоморфологические методы. В описываемую группу входят методы коррелятивных (или синхронных) форм, гетерохронных форм, изучения наложенных форм, изучения реликтовых форм.

Метод коррелятивных (или синхронных) форм [453] заключается в прослеживании и установлении связей изучаемой формы рельефа с другими синхронными ей формами, возраст которых установлен другими методами (палеонтологическими, определениями абсолютного возраста и т. д.). Так, например, если при изучении поверхности денудационного выравнивания прослежен ее переход в аккумулятивную аллювиальную равнину и возраст последней известен, то он может быть распространен и на сопряженную с ней синхронную поверхность выравнивания. Этот метод должен употребляться вместе с методом аналогий.

Метод гетерохронных форм [453] заключается в определении времени формирования изучаемой формы рельефа по возрасту прилегающих к ней более древней и более молодой форм. Так, например, время формирования речной террасы, расположенной между двумя террасами (лежащими выше и ниже), можно установить, определив возраст этих террас. Если изучается реликтовая поверхность денудационного выравнивания, то время ее возникновения может быть определено по возрасту находящихся в ее пределах реликтов более древних поверхностей выравнивания или реликтов аккумулятивных равнин, возраст которых определен какими-либо другими методами. С другой стороны, в результате поднятия поверхности выравнивания расчленяется речными долинами с комплексами речных террас. Определение времени врезания или образования наиболее древней из террас дает возможность установить дату перехода в реликтовое состояние. Определив эти даты, устанавливают и продолжительность времени формирования изучаемой формы.

Описываемый метод дает возможность установить относительный возраст и последовательность формирования не только аккумулятивных, но и выработанных форм рельефа, рыхлые отложения в пределах которых или отсутствуют, или не дают указаний на время формирования изучаемых форм рельефа. В последнем случае относительный возраст и последовательность формирования могут быть определены по геоморфологическим соотношениям исследуемых форм рельефа. Метод гетерохронных форм является геоморфологической вариацией геологического метода возрастных рубежей [247] и на практике обычно применяется вместе с ним.

Изучение наложенных форм. Этот метод заключается в исследовании соотношений между формами рельефа и выявлении наложенных, прислоненных, вложенных или врезанных элементов. По времени формирования последних можно определить возраст тех форм, в которые они врезаны, вложены, к которым прислонены или на которые наложены. Так, например, зная возраст холмистого моренного рельефа, наложенного на аллювиальную равнину, можно определить дату перехода последней в реликтовое состояние, т. е. ее геологический возраст. Метод применяется в тех случаях, когда возраст наложенных, вложенных, врезанных, прислоненных форм поддается установлению какими-либо методами.

Изучение реликтовых форм заключается в выявлении возраста наложенных форм по реликтовым элементам рельефа, время форми-

рования которых устанавливается какими-либо методами. Так, например, если на погребенной морской верхнеплиоценовой равнине залегает равнина, сложенная немыв аллювием, то начало формирования последней определяется как верхний плиоцен — нижний плейстоцен.

Биогеографические методы. К ним относятся методы биогеографических индикаторов, корреляции разорванных ареалов, изучения реликтов.

Метод биогеографических индикаторов. Исследователь должен выбрать характерные биогеографические индикаторы, наиболее чутко отражающие палеогеографические изменения в пределах исследуемого участка. По характеру и последовательности изменения индикаторов можно судить об относительном возрасте или последовательности формирования тех или иных участков рельефа, форм рельефа и т. д. Более детально этот метод описан в гл. II.

Метод корреляции разорванных ареалов. Представляет собой вариацию предыдущего метода. Выбирается характерный биоиндикатор в виде животного или растения, относящегося к семейству, роду или виду, существующих или ранее существовавших в сугубо специфических условиях. Если биоиндикатор, выбранный в пределах изучаемой площади (формы рельефа), обнаруживается также и на другой территории (аналогичной форме рельефа), близкой к ней по физико-географическим и геологическим данным, возраст которой определен, то последний можно распространить и на исследуемую площадь (форму рельефа). Во избежание грубых ошибок описываемый метод должен применяться в совокупности с другими методами.

Метод изучения реликтов. Возраст исследуемых форм может быть установлен по возрасту распространенных в их пределах реликтов животного и растительного мира. Этим методом можно получить чаще всего лишь приблизительные оценки или относительный возраст. Дает хорошие результаты при определении границ последнего оледенения, молодых трансгрессий, установления областей, не подвергавшихся оледенению, и т. д.

ИЗУЧЕНИЕ ЭНДОГЕННОГО И ЭНДОГЕННО ПРЕДОПРЕДЕЛЕННОГО РЕЛЬЕФА

Различают и картируют следующие основные категории форм рельефа, в генезисе которых эндогенные факторы играют решающую роль: 1) тектонические, 2) тектонически предопределенные, 3) денудационно-тектонические, 4) вулканогенные формы.

ТЕКТОНИЧЕСКИЙ, ТЕКТОНИЧЕСКИ ПРЕДОПРЕДЕЛЕННЫЙ И ДЕНУДАЦИОННО-ТЕКТОНИЧЕСКИЙ РЕЛЬЕФ

Тектонические деформации отражаются на земной поверхности в виде разнообразных форм рельефа, в образовании которых в той или иной степени участвуют и экзогенные факторы. Соотношения тектонических деформаций и создаваемых ими форм рельефа изучает морфотектоника, структурная геоморфология [263] или оротектоника [108].

Наблюдаемый ныне рельеф земной поверхности образовался в новейшем или неотектоническом этапе, начавшемся на границе палеогена и неогена (с некоторыми колебаниями в обе стороны) [283]. В 1937 г. С. С. Шульдц предложил называть «новейшей тектоникой» тектонические процессы, которыми создан в основных чертах современный рельеф. В этом понимании «новейшая тектоника» уже, чем «морфотектоника», так как в нее вводится ограничивающий ее элемент возраста. В 1948 г. В. А. Обручев назвал «неотектоникой» учение о структурах земной коры, созданных движениями, происшедшими в конце третичного и в первой половине четвертичного периода. В настоящее время оба этих термина рассматриваются как синонимы и понимаются как «...учение о различных тектонических процессах и обусловленных ими структурных формах, образовавшихся в неоген-антропогеновое время и определяющих основные черты рельефа поверхности земного шара» [283]. Существует еще понятие «современная тектоника», которая создает наиболее молодые тектонические формы и доступна инструментальному изучению.

Характеристика тектонического и денудационно-тектонического рельефа содержится во многих трудах [32, 105, 108, 192, 247, 263, 283, 438, 450, 451, 452, 468, 469, 476]. Методические указания по изучению описываемых форм содержатся в работах [159, 252, 263, 386, 394, 434]. Принципы, методы составления и содержание неотектонических карт освещаются в ряде работ [185, 283, 284, 448].

Изучая тектонический рельеф, необходимо вскрывать его связи с крупными геоструктурными областями (геосинклинальными, складчатыми, платформенными, эпиплатформенной активизации). Своеобразие рельефа в каждой из них свидетельствует о ведущей роли эндогенных факторов в морфогенезе. Ими создаются горные системы, хребты и депрессии. Первые сразу же подвергаются денудационной обработке, а последние заполняются водами или кластическими осадками и преобразуются в равнины.

Однако тектонические факторы образуют и менее значительные формы рельефа, вплоть до небольших антиклинальных гряд, тектонических уступов и т. д. Все они, наряду с мегаформами, подлежат тщательному изучению и картированию.

К тектоническим относятся те формы рельефа, которые лишь незначительно изменены процессами экзоморфогенеза. Они создаются в результате колебательных, складчатых и разрывных движений. Первые из них проявляются в виде медленных поднятий и опусканий земной коры, имеющих обратимый характер, т. е. в каждом данном месте меняющих свой знак. Они подразделяются на две категории: 1) волновые (осцилляционные), отличающиеся значительным размахом и большой контрастностью в геосинклинальных областях и меньшей амплитудой на платформах; 2) общие (эпейрогенетические) колебания, охватывающие одновременно обширные территории. Складчатые движения проявляются в виде пластических деформаций земной коры и земной поверхности. Разрывные движения являются причиной возникновения разломов, сдвигов, надвигов, сбросов, взбросов, горстов, грабенов и т. д.

Эти процессы создают неоструктуры земной поверхности (в различной степени измененные наложенным экзоморфогенезом) разного таксономического ранга, которые и должны являться объектом изучения. Классификация их здесь не приводится, так как она аналогична систематике тектонических форм [8, 36, 57].

В вопросе о характере неотектонических деформаций земной поверхности нет единодушия. Одни исследователи (Д. В. Наливкин, В. А. Обручев, В. П. Нехорошев и другие) считают, что неотектонические движения проявляются преимущественно в виде погружений или поднятий больших глыб или блоков, ограниченных разломами. Другие (Э. Арган, В. Пенк, В. А. Николаев, С. С. Шульц) полагают, что рельеф поверхности Земли является отражением глубинных складчатых процессов; горные хребты и депрессии представляют собою крупные складки основания или складки покрова, разрывные же структуры лишь осложняют складки. Большинство исследователей признают наличие деформаций как разрывного, так и пластического характера. Обычно для характеристики неоструктур используют применяемые в тектонике понятия — антиклинали, синклинали, брахиантиклинали, синеклизы, антеклизы и т. п.

Если тектонический рельеф переработан экзогенными процессами в слабой степени, он относится к категории эндогенно или тектонически предопределенного, сохраняя подобие первично-тектоническим формам, хотя и не обнаруживая полного совпадения с ними.

Если формы рельефа значительно изменены экзогенными процессами, но ведущая роль тектонического фактора в их образовании бесспорна, они относятся к категории денудационно-тектонического рельефа (например, горы, которые находятся в стадии восходящего развития).

Важнейшими вопросами изучения тектонического, тектонически предопределенного и денудационно-тектонического рельефа являются: 1) к какой геоструктурной области относится изучаемый район; 2) какие категории рельефа в нем преобладают (тектонические, тектонически предопределенные или денудационно-тектонические) и каковы особенности их распределения; 3) современное соотношение процессов эндо- и экзогенезиса, его изменения в геологическом прошлом; 4) какие типы неоструктур развиты в пределах района, являются ли они унаследованными, инверсионными или секущими (наложенными) по отношению к древним структурам; 5) выделение и анализ морфоструктур; 6) морфоструктурное и неотектоническое районирование; 7) практические вопросы в связи с перспективной оценкой района в отношении экзогенной металлогении и с другими проблемами.

Тектонические и тектонически предопределенные формы рельефа

Тектонические формы рельефа, мало измененные или не измененные агентами денудации, встречаются в виде тектонических уступов, антиклинальных гряд, брахиантиклинальных поднятий, антеклиз, синеклиз и других форм, выраженных в рельефе.

Тектонические уступы довольно широко распространены. Чем они древнее, тем более изменены денудацией, переходя в категорию тектонически предопределенных форм. При определении генезиса уступов необходимо пользоваться геоморфологическими и геологическими критериями. Следует изучить морфологические особенности уступа, его соотношения с другими формами рельефа, геологическое строение, его соотношения с древними разломами и складчатыми структурами, признаки молодых дизъюнктивных дислокаций.

На тектонический генезис уступов указывают следующие геоморфологические признаки: 1) прямолинейность или плавная изогнутость при значительной длине и выдержанности простирания; 2) согласованность их с прямолинейными, коленчатыми и другими участками речных долин; 3) протяженность вдоль горных хребтов или депрессий; 4) пересечение уступами долин и других элементов (вкрест простирания или под другими углами) без согласования с рельефом и геологическим строением местности; 5) смещение по линии уступа (вверх, вниз, в стороны) разорванных им ранее бывших едиными форм рельефа (долин, валов, шлейфов и т. д.).

К числу геологических признаков относятся: 1) смещение разновозрастных горных пород и структурных форм по линии уступа в плане и в разрезе; 2) контактирование по линии уступа разных по генезису и возрасту горных пород; 3) наличие в зоне уступа брек-

чий трения, милонитизированных пород, глинки притирания, зеркала скольжения вместе с явлениями оруденения, окварцевания, эпигенетического минералообразования; 4) усиление деформации пластов горных пород в зоне уступа (задирка пластов, их дробление и т. д.); 5) непосредственный переход уступа в зафиксированный в геологическом разрезе разлом; 6) наличие выходов минеральных источников (в том числе термальных) у подножья уступов. Цель изучения — отделить уступы, созданные молодой тектоникой, от отпрепарированных древних уступов или денудационных склонов. Задача эта сложная, поэтому для ее решения требуется комплекс методов.

Более крупной таксономической категорией являются горсты, грабены, диагностика которых требует комплексного геолого-геоморфологического исследования горного рельефа.

Возраст формирования дизъюнктивных образований моложе, чем возраст наиболее молодых форм рельефа или отложений, смещающих ими.

К тектоническим формам, возникающим при пластических деформациях земной поверхности, относятся: 1) положительные формы (сводовые поднятия, антиклинальные хребты, гряды, валы, купола, брахиантиклинальные поднятия, антеклизы и т. п.) и 2) отрицательные формы (депрессии, впадины, желоба, синеклизы и другие), имеющие прямое выражение в рельефе. Если эти формы образованы в молодых породах, то их внешнее выражение согласуется с внутренней структурой, а если на древних коренных породах, то их внешний облик обычно не соответствует древним геологическим структурам (за исключением полной структурной унаследованности). Примером первых могут служить растущие антиклинальные структуры Северного Сахалина, выраженные в рельефе. В пределах полей слабо уплотненных неогеновых отложений они образуют полого-склонные, линейно вытянутые возвышенности, являющиеся прямым отражением развивающихся до настоящего времени антиклиналей. Вдоль восточного побережья Северного Сахалина выявлены подобные же субаквальные формы (подводные валы и небольшие возвышенности), находящиеся в начальной стадии расчленения.

При изучении подобных форм нужно установить степень соответствия их основных элементов (простираения осей и водоразделов, углов падения крыльев складок и склонов возвышенностей, азимутов падения крыльев складок и склонов и т. д.) геологическим структурам, составить продольные и поперечные профили, провести инструментальные (желательно неоднократные) измерения, что важно для выявления растущих форм, и выполнить обычный комплекс геоморфологических наблюдений.

Для диагностики форм рельефа, возникших в результате пластических деформаций, применяются геоморфологические и геологические критерии. К геоморфологическим критериям относится прямая выраженность в рельефе складчатых форм в виде хребтов, валов, гряд, представляющих собой антиклинальные складки, брахиантиклинальных поднятий, сводовых поднятий и других форм.

Они выявляются на основе анализа деформаций тех поверхностей, которые по условиям своего формирования должны были бы залегать горизонтально или почти горизонтально (аккумулятивных террас и равнин различного происхождения, поверхностей денудационного выравнивания и др.). Этот анализ имеет решающее значение для определения форм рельефа, возникающих при пластических деформациях, в районах, где покров неоген-четвертичных осадков отсутствует и на земную поверхность выходят сложно дислоцированные донеогеновые породы.

Для выявления пластических деформаций целесообразно составлять совмещенные профили (см. гл. III) вкрест простирания изучаемых структурных форм. При этом исключаются все второстепенные детали, обусловленные деятельностью экзогенных агентов.

К геологическим критериям относится непосредственное выражение складчатых форм различного типа в разрезах неоген-четвертичных отложений. Для отрицательных конседиментационных структурных форм характерно постепенное увеличение мощности осадков к осевым частям впадин, а для положительных — постепенное сокращение мощности отложений (вплоть до выклинивания последних) к осевым частям структур.

Формы, образованные пластическими деформациями, как правило, осложнены разрывными дислокациями, которые изучаются не менее тщательно, чем складчатые, так как с ними могут быть связаны рудопроявления, выходы минеральных вод и т. п.

В зависимости от степени воздействия экзогенных факторов на картах могут выделяться тектонические формы рельефа (уступы, складки и т. п., почти не измененные денудацией) и тектонически предопределенные формы рельефа (уступы, складки, измененные экзогенными процессами в большей степени, сохраняющие, однако, подобие тектоническим формам). Последние также подразделяются на предопределенные разрывными нарушениями и предопределенные складчатыми деформациями.

Примером тектонических форм рельефа могут служить крутые склоны возвышенностей, ограничивающие большинство межгорных и внутригорных депрессий. Они не совпадают непосредственно с плоскостями разломов и «отодвинуты» денудацией от линий нарушений или зон разломов. На флангах тектонически предопределенные склоны замещаются денудационными, теряя крутизну и прямолинейность.

Для форм рельефа, предопределенных неотектоническими деформациями первично горизонтально залегающих пород в виде симметричных или асимметричных антиклиналей, брахиантиклиналей и других форм и затронутых денудационной обработкой, также отмечается, что склоны их секут поверхности пластов пород под некоторыми углами (как это, например, наблюдается в хребтах Сунженском и Терском в Восточном Предкавказье). Более сложная задача стоит перед исследователем при выявлении форм рельефа, предопределенных неотектоническими деформациями, развивающимися на древних складчатых или кристаллических толщах земной

коры, когда отсутствует прямая связь между характером неотектонических деформаций и дислоцированностью субстрата. В этих случаях необходим вдумчивый и тонкий анализ всех имеющихся геолого-геоморфологических данных (в особенности о существовавших здесь ранее приподнятых поверхностях выравнивания, впоследствии уничтоженных денудацией, признаки которых местами могут сохраниться в виде однообразных высот возвышенностей или реликтовых участков, погребенных по периферии хребтов под снесенными с них отложениями).

В крупных масштабах картируются все, даже самые мелкие формы тектонического или тектонически предопределенного рельефа и генетически однородные поверхности (плоскости сбросов, поверхности крыльев и т. д.). В более мелких масштабах картируют уже более крупные формы и более сложные генетически однородные поверхности. При этом часть форм переходит в разряд немасштабно изображаемых знаков (например, тектонические уступы незначительной высоты и протяженности).

Денудационно-тектонические формы рельефа

Изучая денудационно-тектонический рельеф, следует проанализировать соотношение эндогенных и экзогенных факторов морфогенеза. Наблюдаются три типичных случая: 1. Скорость поднятия превышает скорость денудации ($+T > D$)*, что характерно для восходящего развития рельефа [299]. Происходят рост горных сооружений, глубинный врез и интенсивная денудация, темп которой, однако, отстает от скорости поднятия; в этих условиях формируются преимущественно склоны с выпуклым профилем. 2. Скорости поднятия и денудации равны ($+T = D$); рельеф, поднимаясь, сохраняет абсолютные и относительные высоты и почти неизменный морфологический облик; преобладают прямые (в поперечном профиле) склоны; это состояние динамического равновесия, которое длится до тех пор, пока указанные взаимоотношения между T и D не изменятся в какую-либо сторону. 3. Этот случай характерен для следующих взаимоотношений T и D : а) скорость поднятия менее скорости денудации ($+T < D$); б) прекращение тектонических движений или резкое ослабление их интенсивности ($\pm T < D$); погружение ($-T < D$). Для случаев а) и б) типично нисходящее развитие рельефа (от высокогорного или среднегорного к низкогорному, завершающееся формированием поверхности денудационного выравнивания). В рельефе преобладают вогнутые склоны.

Нужно отметить, что эти представления схематизированы и справедливы лишь при рассмотрении развития рельефа в глобальном масштабе. В действительности, например, формы склонов могут варьировать в широких пределах в каждом из указанных случаев.

* T — интенсивность тектонических движений: $+T$ — поднятий; $-T$ — погружений; $\pm T$ — относительно стабильный спокойный тектонический режим; D — интенсивность денудации.

Следует установить возраст наблюдаемого ныне рельефа в пределах изучаемой площади. Как указывалось, крупные элементы рельефа созданы в течение неотектонического этапа, т. е. начали формироваться на границе палеогена и неогена (с отклонениями в ту и другую стороны). Нередко наблюдаются реликты более древних форм (поверхностей выравнивания), обычные формы, более молодые, возникшие в плиоцене и антропогене.

Анализ условий морфогенеза должен установить, каким было развитие современного рельефа: инверсионным, унаследованным или наложенным. Так, можно сказать, что многие районы Северо-Востока СССР имеют унаследованное развитие рельефа, начиная, по крайней мере, с мезозоя [21, 22].

Области неотектонического горообразования показаны на «Карте новейшей тектоники СССР» в масштабе 1 : 5 000 000 [185, 284]. На ней выделены материковые платформы, области материкового горообразования, современные геосинклинальные области и океанические платформы. Приводимый Н. И. Николаевым и С. С. Шульцем перечень областей горообразования не полон, так как образование гор происходит и в геосинклиналиях (в их интрагеоантиклиналях). Более дробная классификация разработана Н. И. Николаевым [283].

На территории СССР можно различать следующие типы гор: 1) горы геосинклинальных областей, 2) горы складчатых областей с подтипами: а) горы областей альпийской складчатости; б) горы областей мезозойской складчатости; в) горы областей палеозойской и более древней складчатости; 3) горы «активизированных платформ».

Изучая перечисленные типы, необходимо проанализировать особенности их морфологии, происхождения и истории развития. Сжатая характеристика их такова.

1. Горы геосинклинальных областей развиваются в интрагеоантиклиналях и характеризуются высокими узкими линейно вытянутыми складчатыми, горстовыми и вулканогенными хребтами, разделенными узкими депрессиями, прямой выраженностью геологических структур в рельефе, значительной густотой и глубиной расчленения, обилием вулканических форм, наличием современного и древнего вулканизма, высокой сейсмичностью; иногда полузатоплены и имеют вид цепочек островов (Камчатка, Сахалин, Курильские острова).

2. Горы складчатых областей характеризуются в среднем меньшими высотами, чем геосинклинальные, состоят из совокупности горных хребтов, горных систем и межгорных депрессий, вытянутых по простиранию геоструктурных элементов. Чем ранее произошло замыкание геосинклинали, на основе которой сформировалась изучаемая складчатая область, тем сложнее ее геологическая и геоморфологическая история. Поэтому горный рельеф разновозрастных складчатых областей различен.

Горы областей альпийской складчатости (кавказско-памирский тип, по Н. И. Николаеву) характеризуются значительными

высотами, линейно ориентированными крутосклонными хребтами и депрессиями с глубоким и густым расчленением, вулканогенными или складчатыми нагорьями, древними вулканогенными формами, современной сейсмичностью, дислоцированными реликтами поверхностей выравнивания, следами древнего и современным оледенением, местами с прямым соответствием крупных геоморфологических элементов геоструктурным (Кавказ, Карпаты и др.) (рис. 6).

Горы областей мезозойской складчатости (верхоянско-колымский



Рис. 6. Резко очерченный значительно расчлененный высокогорный рельеф в районе оз. Рица (Кавказ).

тип, по Н. И. Николаеву) характеризуются линейно ориентированными хребтами высотой до 1—3 км, часто обширными сводовыми поднятиями (иногда рифтового строения), наблюдаются то инверсионные, то прямые формы рельефа по отношению к древним геоструктурам, типично широкое развитие реликтов древних поверхностей выравнивания; наряду со складчатыми неоструктурами встречаются горсто-грабеновые; денудационный срез проникает до апикальных частей интрузий (горы Северо-Востока СССР, Дальнего Востока и др.) (рис. 7).

Горы областей палеозойской и более древней складчатости характеризуются средними, реже значительными, высотами, реликтами поверхностей выравнивания, инверсионными, реже прямыми по отношению к древним геоструктурам элементами рельефа, распространением дизъюнктивных структур. Неоструктура этих областей оценивается одними исследователями как сводовая, другими как

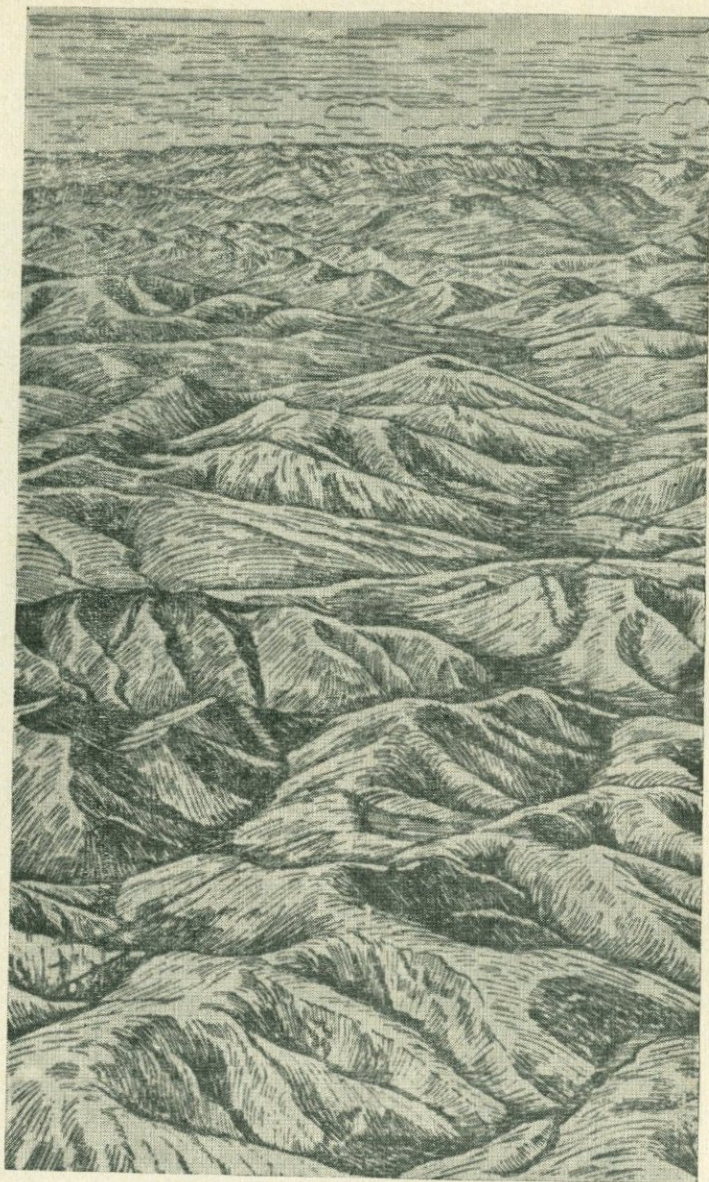


Рис. 7. Средне- и низкогорный рельеф хр. Бохачинского (Северо-Восток СССР), по А. В. Гавемау (1949).

сводово-глыбовая, третьими как совокушность антиклиналей и синклиналей (Алтай, Саяны и др.) (рис. 8).

3. Горы активизированных платформ, или «платформенные горы», по Н. И. Николаеву, отличаются низко- или среднегорным рельефом с широким развитием реликтов древних поверхностей выравнивания и молодым эрозионным врезом (Урал, Енисейский кряж, хр. Быранга).

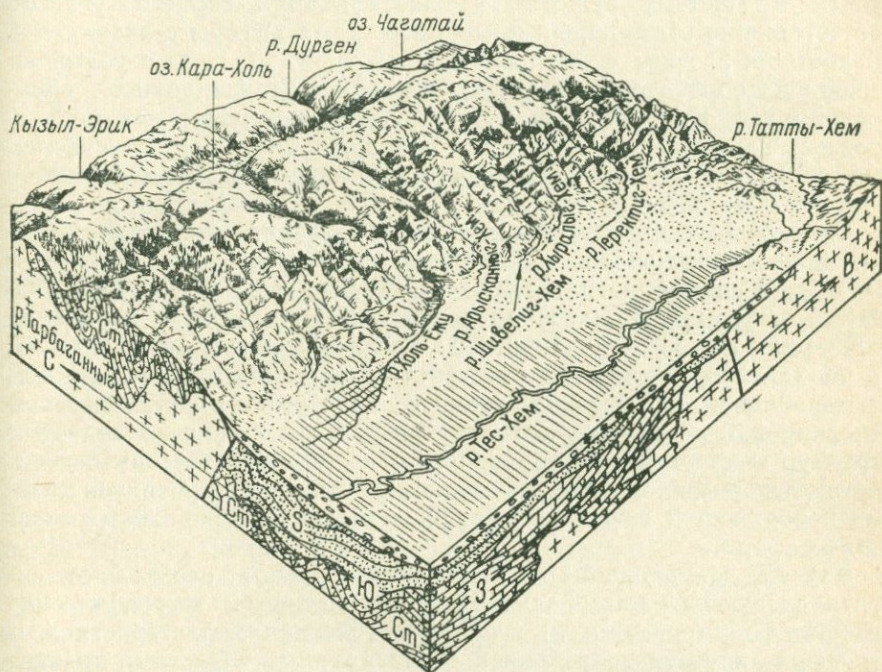


Рис. 8. Блок-диаграмма хр. Восточного Танну-Ола и долины-грабена р. Тес-Хема (Тувинская АССР), по А. Д. Белостоцкому.

Эрозионные склоны лесной зоны (штриховка) контрастируют с выровненными поверхностями гольцовых водоразделов. На последних — группы нагорных террас со скалами-останцами («тумпами»).

По окраинам Тесхемской долины-грабена из-под мощных четвертичных отложений местами выступают островные гряды мелкогогорья, сложенного палеозойскими породами. У подошвы хребта — пролювиальные шлейфы, иногда с обособлением отдельных конусов выноса, и выступающие из-под них округлые холмы, сложенные более древним пролювием или палеозойскими породами.

Характеристика этих типов и подтипов дана очень схематично. Задачи исследований — уточнить, конкретизировать ее, насытить морфометрическими данными, провести анализ соотношения рельефа с древней и современной геологической структурой, выявить и охарактеризовать влияние экзогенных факторов и описать созданные ими формы рельефа. Последние обуславливают специфические зональные ландшафтно-географические различия гор даже в пределах одного и того же типа (это особенно заметно для меридиональных хребтов типа Урала).

В другой системе классификации горы подразделяются на низкие, средние, высокие, высочайшие. Оценки высотных градаций последних различны. Наиболее приемлемой является схема Д. А. Лилиенберга и Д. А. Тимофеева: низкие горы — до 600—700, средние — до 2000—2500, высокие — до 5000—5500, высочайшие — более 5000—5500 м.

Морфологический облик гор в значительной степени определяется наложенными формами, созданными зональными экзогенными агентами. Поэтому существует классификация горного рельефа соответственно этим наложенным процессам: 1) горы с ледниковой обработкой; 2) горы с нивальной обработкой; 3) горы с солифлюкционной обработкой; 4) горы с аридно-денудационной обработкой и т. д. Каждый из этих типов в свою очередь может подразделяться на низкие, средние и высокие горы. Подобная классификация отражена на «Геоморфологической карте СССР» в масштабе 1 : 4 000 000 [98].

В некоторых классификациях для выделения различных типов гор применяются сложные комплексы критериев. Так, например, в легенде «Геоморфологической карты СССР» в масштабе 1 : 5 000 000 [99] горы различаются: 1) по высотным интервалам — на низкие (500—1000 м), средние (1000—2000 м) и высокие (выше 2000 м); 2) по характеру структур субстрата — на складчатом основании, на моноклинально падающих пластах, на древнем кристаллическом основании; 3) по степени отражения в рельефе древних складчатых структур — отчетливой или слабой; 4) по морфологическим особенностям водоразделов; 5) по наличию или отсутствию реликтов древних поверхностей выравнивания; 6) по наличию наложенных экзогенных форм.

Изучая денудационно-тектонический рельеф, необходимо собрать следующие материалы: 1) геологические и географические условия формирования; 2) геоморфологическая характеристика — отношение изучаемого района к более крупным областям, провинциям, странам геоморфологического или орографического районирования; морфографическая и морфометрическая характеристика; интенсивность и тип расчленения (перистый, решетчатый и др.), типы речных долин и комплексы террас, характер водоразделов (в плане и в поперечном профиле: узкие, широкие, зубчатые, округленные, плоские, волнистые и т. д.); наличие и характеристика наложенных форм рельефа (ледниковых, карстовых, нивальных и др.), созданных экзогенными агентами, их приуроченность к определенным элементам горного ландшафта (водоразделам, подножью гор, склонам и т. д.), наличие и характеристика реликтовых форм рельефа (древних поверхностей выравнивания, следов древних оледенений и др.), формы склонов в плане и в профиле (выпуклые, вогнутые, выпукло-вогнутые и т. д., степень их расчленения, крутизны); 3) геологическое строение района — литологический состав горных пород, структуры складчатые и разрывные, соотношения между крупными геоморфологическими элементами и геологическими структурами (совпадение простираний, пересечения вкрест простираний, пересечения под какими-либо углами, явления унасле-

дованности геоморфологических элементов от древних структур или инверсий), степень выраженности структурных форм древней складчатости в современном рельефе; генетические типы, фации, литологический состав, возраст и мощность рыхлых отложений, их стратиграфический разрез, приуроченность к тем или иным элементам рельефа, характер неотектонических движений и созданных ими структурных форм; 4) особенности современных эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов; 5) история развития рельефа и палеогеографические условия его формирования.

ВУЛКАНИЧЕСКИЙ, ДЕНУДАЦИОННО-ИНТРУЗИВНЫЙ, ПОСТВУЛКАНИЧЕСКИЙ И ПСЕВДОВУЛКАНИЧЕСКИЙ РЕЛЬЕФ

Магматические явления подразделяются на эффузивный магматизм и интрузивный магматизм. В результате эффузивного магматизма, называемого нередко вулканизмом, образуются наземные и подводные формы рельефа. Ниже рассматриваются лишь наземные, среди которых различаются: 1) формы, возникающие при извержениях центрального типа (скульптурные — маары, кратеры, кальдеры и аккумулятивные — экструзивные купола, лавовые вулканы, стратовулканы, см. рис. 9, и вулканы других типов, лавовые потоки и покровы извержений центрального типа); 2) формы, создающиеся в результате извержений линейного типа (лавовые покровы, плато). С интрузивным магматизмом связано образование плутонов, застывающих на глубине в виде интрузивных залежей, лакколлитов, лополитов, факолитов (согласные плутоны) и даек, вулканических жерл, кольцевых даек, штоков, батолитов, куполов (несогласные плутоны). На земной поверхности они появляются в результате препарировки экзогенными агентами. Особенности происхождения этих форм позволяют закрепить за ними термин «денудационно-интрузивные», хотя одновременно они могут быть отнесены и к категории денудационно-структурных или структурно-денудационных форм.

Поствулканические процессы (деятельность газов и источников) являются причиной образования характерных микроформ. Особую категорию составляют псевдовулканические формы (грязевые сопки, вулканы).

Области активного вулканизма приурочены к подвижным зонам — складчатому обрамлению Тихого океана, зонам молодой складчатости Европы и Азии. Описание вулканических форм содержится в работах В. А. Апродова [9], Атласе вулканов СССР [14], А. Н. Заварицкого [144], А. Ритмана [345], И. С. Щукина [476] и других авторов.

Особенности методики изучения вулканогенного рельефа

Основными задачами при геоморфологических исследованиях вулканических областей являются: 1) изучение морфологических особенностей форм, их соотношений друг с другом и распределения

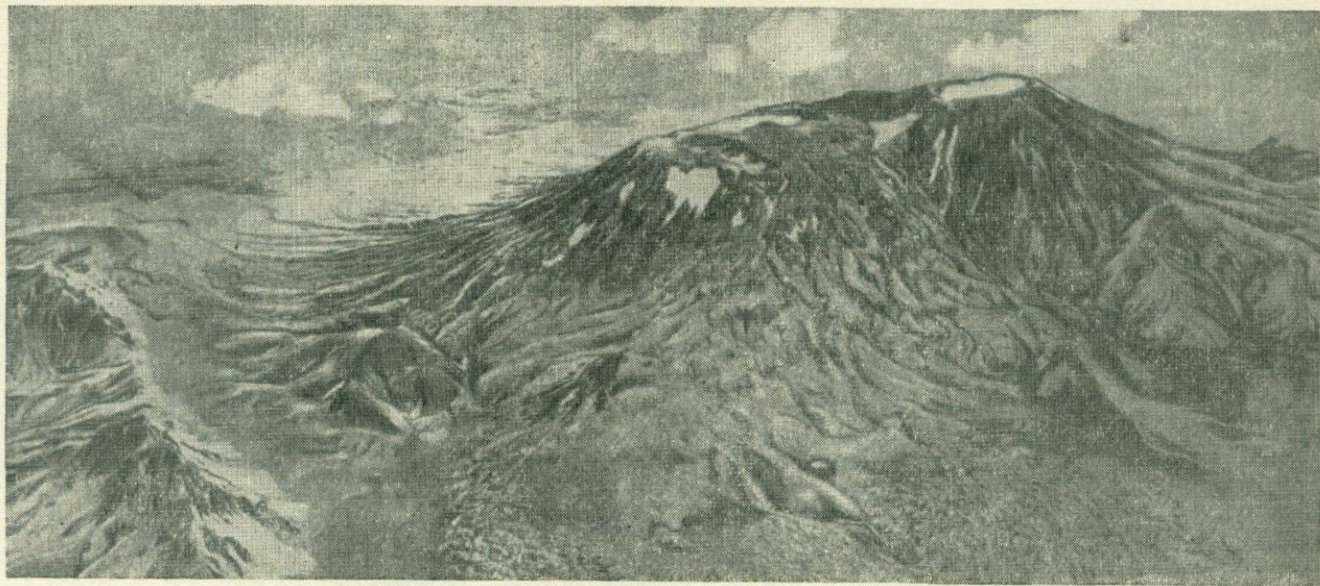


Рис. 9. Вулкан Крашенинникова (1859 м) на Камчатке [14].

в исследуемом районе; 2) изучение происхождения форм и их группировок, выявление связи с древними структурами и неоструктурами; 3) определение возраста рельефа, выявление основных стадий (этапов) развития; 4) изучение наложенных экзогенных процессов и форм; 5) картирование изучаемых форм.

Приступая к изучению вулканогенного рельефа, необходимо оценить геоструктурные, геологические и географические особенности исследуемого района: 1) к какой геоструктурной категории он относится (геосинклинальная область, складчатая область и т. д.); 2) его положение в геоструктурной схеме более обширной территории; 3) его соотношения со смежными однотипными и разнотипными геоструктурными районами (областями и т. д.); 4) геоструктурные элементы различных таксономических рангов и их соотношения с вулканогенными формами; 5) складчатые и разрывные дислокации (в том числе и глубинные разломы) и соотношения их с вулканогенными формами; 6) структурные этажи в геологическом разрезе региона и особенности их строения; 7) стратиграфические перерывы и несогласия и их геоморфологическое выражение; 8) особенности геологического разреза и история осадконакопления; 9) изменения характера вулканизма и состава его продуктов во времени и пространстве; 10) геологическое строение района в современном возрастном «срезе»; 11) история геологического развития; 12) неотектонические движения и их связь с вулканическими явлениями; 13) сейсмичность изучаемой территории; 14) современные физико-географические условия, их изменения в геологическом прошлом и влияние на формирование вулканогенного рельефа.

При изучении морфологических особенностей необходимо описать внешний вид форм (в профиле, в плане и в объемном выражении), собрать данные по морфометрии (ширина, высота, длина, объем, углы наклона и т. д.) отдельных форм, их групп и регионов. Для однотипных форм вычисляются средние количественные показатели (например, для шлаковых конусов, для стратовулканов и т. д.). Изучается связь между геологическим строением и морфологическими особенностями форм рельефа.

Информацию о генезисе можно получить, исследуя морфологические особенности рельефа, которые непосредственно связаны с его происхождением (например, плато сложены излившимися эффузивами, шлаковые конусы — сплывшими кусками вязкой лавы, выбрасываемой из жерла, и т. д.), геологическое строение, характер вулканогенных пород и их свойства при извержениях, остывании, после охлаждения (например, для стратовулканов характерно периклинальное залегание переслаивающихся слоев лав и пеплов, для покровов — субгоризонтальное залегание основных эффузивов, извергавшихся в жидком виде, и т. д.), положение форм относительно геоструктурных элементов (например, цепочки вулканов часто располагаются вдоль глубинных разломов и т. д.).

Проявления вулканизма связаны с геологической историей геосинклинальных, складчатых, платформенных областей и областей эпиплатформенной активизации. Поэтому исследование вулканогенных

форм должно происходить на фоне анализа геологического строения и истории этих областей.

Возраст вулканогенных форм определяется по возрасту слагающих их и синхронных им пород, которые могут датироваться по К/Аг (с точностью до нескольких десятков тысяч лет), по C^{14} и палеомагнитному (прилож. 3) методам. Последний применяется на основе палеомагнитной геохронологической шкалы (прилож. 4), обоснованной определениями по К/Аг [488]. Выработанные формы датируются по возрасту пород, на которых они развиты, и пород, образованных после их формирования.

Возраст вулканогенных форм может определяться также по соотношениям с формами другого генезиса, время образования которых известно (например, с ледниковыми формами) [53].

В результате изучения должны быть выделены типологические категории вулканогенных форм различного таксономического ранга, которые могут составить основу классификации вулканогенного рельефа и типологической геоморфологической карты. Результатом региональных исследований является также карта геоморфологического районирования, на которой показываются различные по таксономическому рангу категории: области, районы и т. д., отличающиеся неповторимым своеобразием вулканогенного рельефа.

Вулканические формы

Формы извержений центрального типа. К аккумулятивным формам относятся куполовидные вулканы, щитовые вулканы и вулканы других типов (рис. 10), а также лавовые потоки и покровы извержений центрального типа.

Куполовидные (бескратерные) *вулканы* (вулканические купола, экструзивные купола, кучевые вулканы) образуются при извержении вязкой (обычно кислой) магмы. Чем вязче последняя, тем выше и круче купол. Высота его (200—400 м) обычно меньше ширины. При наслоении нескольких слоев лавы образуются «экзогенные» купола, а при выпучивании расширяющейся изнутри массы лавы — «эндогенные» (выкатые, по Ритману [345]) купола с концентрически трещиноватой и брекчированной поверхностью (вулканы Кавказа: Хорисар, Сырхисар, Цители и др.). Особо вязкие лавы образуют иглы или обелиски типа Мон-Пеле (выдавленные купола, по Ритману [345]). Куполовидные вулканы обычно располагаются на лавовых плато, в кратерах и на склонах вулканов других типов, в кальдерах.

Щитовые вулканы (лавовые вулканы или конусы, вулканы гавайского типа) возникают при многократных излияниях подвижной основной лавы. Склоны их пологи (3—8°), основания очень широки (вулканы Мауна-Лоа высотой 4170 м, Мауна-Кеа 3986 м, реликтовые щитовые вулканы Камчатки и Курил). Иногда лава выходит на склонах, образуя боковые потоки и шлаковые конусы. В зависимости от возраста вулканы в той или иной степени рас-

членены эрозией. Их легко принять за лавовые плато, от которых они отличаются периклинальным залеганием слоев, радиальной речной сетью, наличием кратера (нередко с кольцевым шлаковым валом).

Горнитосы (шиповые вулканы) — крутосклонные конусы до нескольких метров или десятков метров в поперечнике — формируются при извержениях пластичной, но уже несколько охлажденной лавы.

Пирокластические конусы образуются обычно при одноактных извержениях лав, богатых газами (при выбросе пеплов — пепловые конусы высотой до 200—300 м и крутизной склонов до 35—40°, при

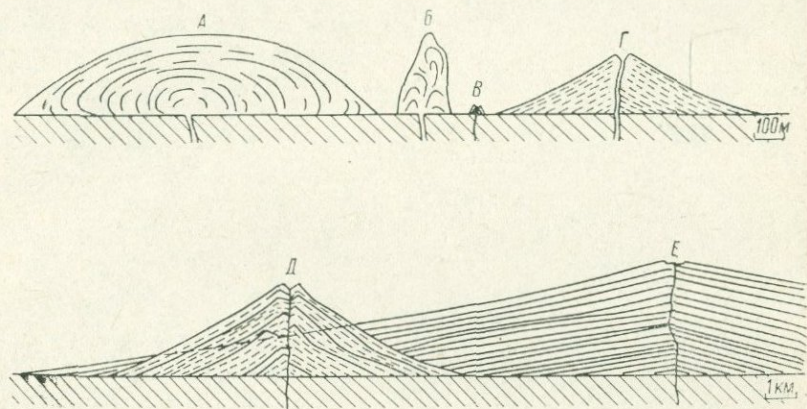


Рис. 10. Схема, иллюстрирующая формы и размеры различных вулканов.

А — куполовидный вулкан, Б — игла или обелеск, В — горнитос, Г — пепловый конус, Д — стратовулкан, Е — лавовый вулкан.

выбросе кусков полужидкой лавы, затем спекающихся, — шлаковые конусы). Часто являются паразитическими, располагаясь на склонах и у подножья стратовулканов, в кальдерах и кратерах (Камчатка, Курилы, Кавказ).

Стратовулканы (слоистые вулканы, сложные вулканы, сложные конусы) образуются в результате многократных перемежающихся извержений лав и пирокластического материала (глыбы, бомбы, шлаки, лапилли, вулканический песок и пепел), который выбрасывается в воздух и осадается на склонах вулкана (чем крупнее, тем ближе к кратеру; пепел уносится очень далеко). При равномерном распределении осадков образуется правильный конус, при сносе в сторону преобладающих ветров — конус овальной в плане формы. Асимметрия иногда обуславливается наклоном жерла.

Пирокластические продукты, скатывающиеся по склонам в виде раскаленных облаков и потоков и сопровождаемые в зоне снегов грязевыми потоками, образуют ширры — глубокие рытвины на склонах вулканов, суживающиеся книзу (например, на Ключевской сопке, рис. 11).

Стратовулканы имеют абсолютные высоты до 5—6 км и относительные до 3—3,5 км (Ключевская сопка соответственно — 4850 и 3400 м, Чимборасо — 6310 и 2300 м), располагаясь на плато, нагорьях и хребтах. На вершинах их обычны ледники и снежные шапки. На склонах и у подножья располагаются в беспорядке или цепочками по трещинам паразитные, преимущественно шлаковые конусы, питающиеся по трещинам из главного жерла (рис. 12).

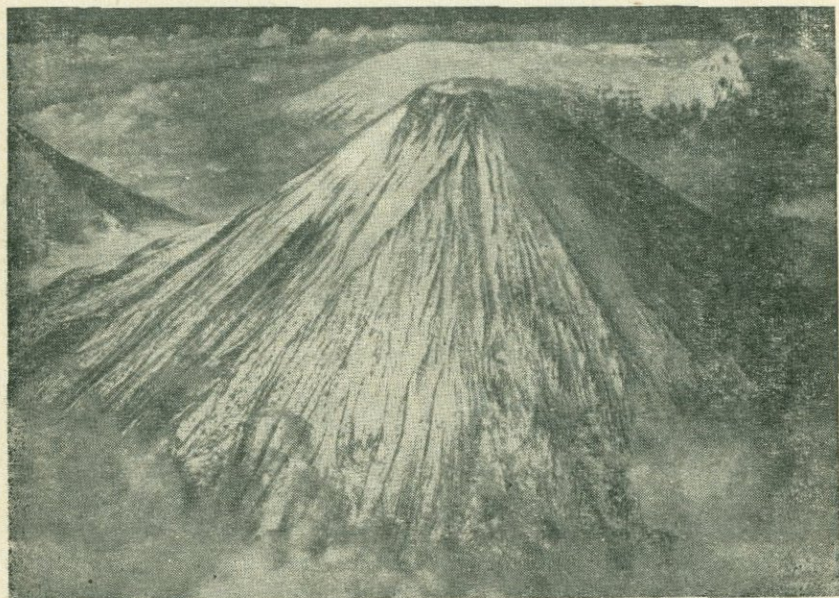


Рис. 11. Ключевская сопка (4850 м) на Камчатке. Вид с северо-востока. Склоны изборозжены барранкосами; от кратера вниз начинается ширра, сужающаяся книзу.

Количество их может достигать нескольких сотен (Этна). Иногда у подножья стратовулканов появляются побочные вулканы меньшего размера, питающиеся из того же магматического очага через собственный подводный канал.

Микрорельеф склонов вулканов обуславливается характером пирокластического материала и лавовых потоков. Пещлы нивелируют его, а крупные обломки создают неровности; подвижные лавы образуют облегающие покровы, менее подвижные — обособленные потоки. По микрорельефу поверхности различают: а) глыбовые лавы с хаотическим нагромождением глыб обломков (кислые и низкотемпературные лавы, богатые газами), б) волнистые (пахоэхоз, канатные) лавы с извилистыми складками, в) аа-лавы — сочетание неправильных блоков с шипообразной поверхностью (последние два типа характерны для основных лав). На Камчатке преобладают лавы первого типа, встречаются и второго типа [144].

На равнинах лавовые потоки подпруживают реки, создавая плотинные озера, и образуют выступающие в море полуострова и мысы.

Мезоформы лавовых потоков представлены «хребтами выдавливания», лавовыми куполами и пещерами. Первые имеют вид удлиненных гряд (часто с продольной осевой трещиной) длиной 50—350, высотой до 8, шириной до 30 м. Образуются вследствие сжимающего давления движущейся вязкой базальтовой лавы. Лавовые купола (пузыри) — куполовидные овальные вздутия (высота 1,5—3, поперечник 6—18 м) с трещиной вдоль длинной оси. Образуются давлением жидкой лавы или газов под коркой пологопадающего потока. Лавовые пещеры (тоннели) возникают при оттоке лавы из затвердевшего сверху потока [36, 144].

Наряду с лавовыми потоками на склонах вулканов наблюдаются агломератовые (из глыб, вулканического песка и пепла, извергаемых из кратеров) потоки, сопровождаемые грязевыми потоками [14].

К скульптурным формам относятся маары, кратеры и кальдеры.

Маар — воронкообразное или цилиндрическое углубление диаметром от нескольких сотен метров до 2—3 км и более и глубиной до нескольких десятков или сотен метров, возникающее при взрыве газов из магмы, не достигшей земной поверхности. Иногда окружены невысокими валами из аутигенных обломков или шлаков, часто заняты озерами.

Кратер — верхняя расширенная часть жерла вулкана воронкообразной (у пещловых конусов), цилиндрической (у лавовых конусов), котлообразной (у стратовулканов) формы шириной от нескольких метров до 1—1,5 км и глубиной от нескольких метров до 100—200 м и более. Располагается в центре вулкана, реже эксцентрично. На днищах кратеров наблюдаются расплавленная или застывшая лава, фумаролы, сольфатары, снег, фирн, лед.

Кальдеры — обширные округлые или овальные кратеры, образующиеся взрывом или обрушиванием (на Камчатке: Крашенинникова — 9×12, Узон — 9×10, Ксудач — 7×7, Шивелуч —

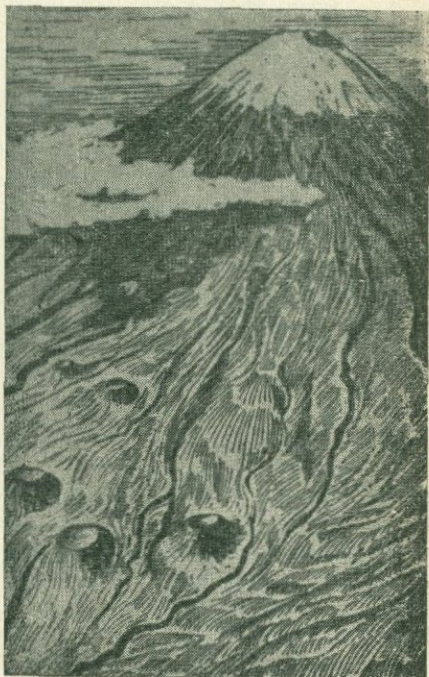


Рис. 12. Паразитные вулканические конусы на склоне Ключевской сопки, по А. В. Гавеману (1949).

7 × 7 км и др.). Стенки их имеют высоту до 500 м и более. Кальдеры окружены кольцевыми валами (остатки вулканических конусов). При наложении двух и более кальдер образуются кальдеры сложных очертаний. На днищах их располагаются кратеры (нередко заполненные водой), маары, фумаролы, гейзеры, молодые вулканические конусы. Сохранившиеся части кальдеры называют соммами, а понижения между ними и молодым конусом — атрио (по названию этих элементов на Везувии). Иногда кальдеры целиком заполняются водой.

При изучении вулканогенных форм нужно выявить, какую роль в их образовании играют разломы. Конусы вулканов нередко располагаются цепочками вдоль разломов, структурных швов (Камчатка, юг Дальнего Востока, Закавказье). Шлаковые конусы связаны с трещинами, разбивающими вулканы во время землетрясений. Обычно они заполняются лавой, образуя дайки, которые часто препарируются денудацией. По трещинам нередко происходят перемещения блоков земной коры, вызывающие образование гор и впадин в вулканических областях (Курильское озеро, Авачинская губа на Камчатке) и изменение очертаний береговой линии.

Детальному изучению должны подвергаться наложенные экзогенные формы, созданные плоскостной и линейной эрозией (барранкосы, овраги, долины и др.), ледниковой экзарацией и аккумуляцией (троги, кары, морены и др.), особенности современного оледенения вулканических районов, следы криогенных процессов, процессы морской и озерной абразии и аккумуляции, солифлюкции и т. д. Изучение степени денудационного преобразования и соотношения вулканических и наложенных форм необходимо для реконструкции древнего рельефа и определения возраста вулканогенных форм.

Формы, создающиеся в результате извержений линейного типа. При трещинных излияниях эффузивов образуются обширные *плато* (плато рек Колумбия и Снэйк в США занимает 400 000 км²) на аккумулятивных или денудационных равнинах, плато с островными горами (возвышенностями подстилающего рельефа) или плоские долинные лавовые языки при заполнении лавами долин. Изучая описываемые формы, следует установить роль древнего рельефа в их формировании. Как правило, описываемые формы образуются основными и средними эффузивами (базальты, андезиты-базальты, андезиты и др.). При возможности следует установить мощность покровов (которая может достигать 1—3 км), количество слоев, изучить границы между ними с целью установления перерывов, наличия следов выравнивания, выветривания (в виде древних кор выветривания) и т. д. Эффузивы нередко имеют столбчатую отдельность, которая иногда служит причиной образования «мостовых гигантов» (Армения). Некоторые из обширных покровов (например, сибирские траппы), как предполагают, образовались в результате не только трещинных, но и площадных излияний (путем проплавления залегающего сверху слоя осадочных пород).

На поверхности молодых плато наблюдается микро- и мезорельеф, описанный выше на лавовых потоках; рельеф древних

плато сглажен, выровнен, покрыт почвой или каменными россыпями.

Наложённые экзогенные формы обычно представлены каньонообразными долинами рек (склоны которых могут быть ступенчатыми), ледниковыми (экзарационными и аккумулятивными), криогенными элементами рельефа.

При диагностике лавовых плато нужно учитывать следующие особенности: 1) вытянутость полей эффузивов вдоль разломов (нередко выраженных морфологически) по одну или по обе стороны от последних с образованием лавового водораздела; 2) незначительное падение в сторону от водораздела; 3) параллельность речных долин, заложенных на поверхности плато; 4) отсутствие морфологически выраженных центров излияний; 5) отсутствие радиального и центробежного расчленения.

Изучение лавовых плато имеет практическое значение. Эффузивы и их туфы являются строительным материалом; базальты можно использовать для каменного литья. С корами выветривания связаны месторождения бокситов, минеральных красок; породы кор выветривания могут использоваться в качестве гидравлических добавок в сульфатостойкий цемент и портландцемент. Под базальтами в ряде районов известны промышленные месторождения золота и других металлов.

Формы, создающиеся в результате интрузивного магматизма и последующей их препарировки денудацией. На земной поверхности встречаются формы, созданные интрузивным магматизмом, отпрепарированные денудацией. Они относятся к категории денудационно-интрузивных форм.

Необходимо различать формы, созданные препарировкой согласных (пластовых интрузий, лакколлитов, лополитов, факолитов) и несогласных (даек, батолитов, штоков) плутонов. *Пластовые интрузии* (интрузивные залежи, силлы) имеют мощность от долей сантиметра до нескольких сотен метров и площадь до нескольких тысяч квадратных километров. Образуются межпластовыми внедрениями преимущественно основных пород; могут быть горизонтальными, наклонными, вертикальными или изогнутыми (в зависимости от условий залегания пластов, в которые они внедряются). Препарировкой горизонтального силла создается структурно-денудационная выровненная поверхность, которая имеет следующие отличия от вулканогенного плато, созданного излияниями лав: 1) выровненность поверхности; 2) отсутствие мезо- и микрорельефа, характерного для эффузивных покровов; 3) наличие денудационных останцов, сложенных осадочными породами; наличие на поверхности обломков пород иного генезиса; 4) следы интрузивных контактов в кровле и подошве магматического тела; 5) наличие магматической дифференциации в вертикальном разрезе и т. д. [36, 271, 465]. Выходы наклонных и вертикальных силлов образуют гряды, протягивающиеся по простиранию интрузий.

Внедрения вязкой кислой магмы в слоистые породы образуют *лакколиты* — караваеобразные плутоны диаметром до 3—6 км

с вертикальными и боковыми магмавыводящими каналами или «бездонные» [36, 345]. Они могут быть симметричными, асимметричными, простыми, сложными (несколько лакколитов, связанных друг с другом), сопровождаться апофизами, дайками, интрузивными залежами. Отпрепарированные лакколиты можно отличить от похожих на них куполовидных вулканов по периклинально падающим

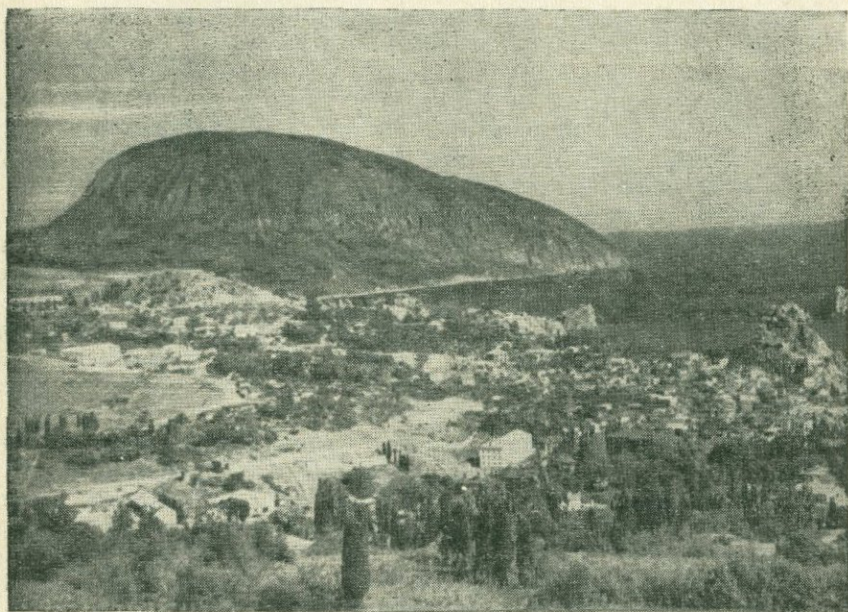


Рис. 13. Отпрепарированный лакколит Аюдаг на южном берегу Крыма.

пластам осадочных пород, налегающих на интрузивную породу. У куполовидных вулканов породы основания уходят под купол. Примеры: лакколиты Пятигорска (горы Железная, Змиева и др.), Крыма (горы Аю-даг, Кагель и др.) (рис. 13).

Лополит — плоская чаша диаметром до десятков — сотен километров и мощностью до тысяч метров; формируется при внедрении магмы в слои, падающие внутрь, к единому центру. В зависимости от характера структуры (синеклиза, брахисинклиналь, синклиналь с ундулирующей осью и т. д.) лополиты выходят на земную поверхность в виде кольцевых гряд, овалов и т. д. (лополиты Бушвельдского комплекса интрузий в Юж. Африке, лополит Содбери в Онтарио и т. д.).

Факолиты — внедрения магмы в своды антиклиналей; связаны со складками, оси которых приподнимаются и образуют на земной поверхности гряды или увалы в виде полумесяца.

При изучении форм рельефа, связанных с согласными плутонами, нужно иметь в виду следующее: 1) внедрение согласных плутонов может происходить и по плоскостям несогласий; 2) формы плутонов могут быть очень разнообразными и не подходить под

описанные выше случаи; 3) согласные плутоны после внедрения подвергаются складчатым и разрывным деформациям.

Несогласные плутоны (дайки линейные и кольцевые, вулканические жерла, штоки, батолиты) при препарировке образуют положительные и реже отрицательные формы рельефа.

Дайки — трещинные интрузии пластинчатой формы, вертикальные или наклонные, мощностью 0,3—6,0 м (максимум 150 м), длиной несколько метров — несколько километров (максимум 300—400 км). Групповые дайки — системы параллельных даек, связанных с заполнением трещин растяжения. Для вулканов типичны радиальные дайки по трещинам, вызванным давлением магмы в питающем канале или магматическом очаге. Конические слои — системы концентрических даек, падающих внутрь конуса, острие которого совпадает с вершиной магматического очага; образуются при заполнении концентрических трещин скалывания, вызванных давлением магмы (конические слои района Санлайт в Вайоминге, США). Дайки препарируются денудацией в виде полуразрушенных стенок.

При внедрении магмы в кольцевые трещины образуются *кольцевые дайки* поперечником до нескольких километров (встречаются в области развития трапшов на Сибирской платформе, на Алданском нагорье). В рельефе они проявляются в виде цепочки концентрически расположенных гряд или увалов, а если интрузивные породы менее стойки, чем вмещающие, в виде эрозионных депрессий кольцеобразного типа.

Вулканические жерла (некки, жерловины, экструзивные бисмалиты) — каналы питания вулканов, выполненные агломератами, туфами, брекчиями, на глубине переходящими в интрузивные породы. Стенки жерловин вертикальны или круты, форма в плане округла или неправильна, диаметр — от нескольких метров до километра. Прочные породы жерловин препарируются в виде столбов, скал, башен, «пальцев» (некки «Чертов Камин», «Сфинкс» в Карадаге).

Батолит — большой массив гранитоидных пород, имеющий неправильные очертания и образующийся на значительной глубине. Массивы гранитоидов площадью менее 100 км² называются штоками. Батолиты приурочены к складчатым областям, удлинены по простираниям складчатых структур и связаны с глубинными разломами. Они характеризуются сводообразно приподнятой неровной кровлей, от которой отходят выстулы в форме куполов. Стенки батолитов более или менее ровные, круто падают в стороны вследствие расширения интрузий с глубиной. Они секут породы и структуры. Считается, что батолит не имеет подошвы. Однако его «бездонность» и условия образования еще далеко не ясны.

При изучении рельефа отпрепарированных штоков и батолитов большое значение имеют геоморфологический и структурно-тектонический анализы. С их помощью можно установить, обусловлен ли рельеф первичными очертаниями штоков и батолитов или они изменены и являются уже литоморфными, есть ли признаки, указывающие на близость контакта (наличие в кровле остатков вмещающих пород, ксенолитов, краевых трещин, краевых надвигов и т. д.).

Необходимо проанализировать закономерности расположения отдельных частей по отношению к контактам и плоскостям эрозионных срезов. Отпрепарированная кровля батолитов и штоков представляется в виде куполообразных возвышенностей с наложенной эрозионной сетью.

Сложной проблемой является изучение глубины эрозионного среза. В складчатых областях эта глубина определяется по степени вскрытия в ядрах антиклиналей древних осадочных, метаморфических или кристаллических толщ; мощности удаленных толщ могут быть установлены по их остаткам или, с большей условностью, по аналогии со смежными районами. В районах развития интрузивов глубина денудационного среза определяется величиной вскрытых площадей изверженных пород. Достаточно глубокий срез вскрывает кровлю батолита на небольших площадях. При более глубоком срезе выходы гранитоидов расширяются, ряд их соединяется. Еще более глубокий срез проходит уже в теле батолита и характеризуется исключительным распространением гранитоидов.

Формы, возникающие в результате поствулканических явлений. К поствулканическим явлениям относятся сольфатары, термальные и минеральные источники и гейзеры. Сольфатары представляют собой выделения паров воды с температурой 100—300° С (с сернистыми соединениями) из трещин. Они образуют небольшие скопления серы, гипса, различных квасцов и сульфатов, создающие неровный микрорельеф близ выходов паров. Углекислые и железистые источники формируют террасовидные ступени (сложенные известковым туфом, травертином, окислами железа). Гейзеры образуют возвышения в виде конусов, бутылок, холмов высотой до нескольких метров (сложенных травертином или кремнистыми отложениями) с узкими кратерами.

Формы псевдовулканического происхождения. К ним относят *грязевые вулканы* — сопки конусовидной или выпуклощитовидной формы высотой и шириной от нескольких метров до нескольких десятков метров (максимум 300—400 м). Иногда грязевые вулканы располагаются на сводах антиклинальных гряд и их действительная высота может быть значительно меньше предполагаемой. На вершине наблюдается кратер поперечником от нескольких сантиметров до нескольких метров (реже десятков метров). У действующих вулканов он заполнен грязевой массой. Извержения обычно сопровождаются подземным гулом, выделением паров и самовозгорающихся горючих газов, выбросами грязи и обломков. Извергающийся материал представлен чаще всего песчанистой глиной с обломками коренных пород. Если последних много, извергаемая порода называется сопочной брекчией. Иногда в выбросах преобладает песчаный материал. Нередко извергаемые породы и воды обладают повышенной соленостью и у подножия конусов образуются солончаки. Вулканы несут следы процессов денудации: эрозионные борозды, рывины, овраги. Быстро разрушаются грязевые вулканы, созданные при подводных извержениях и образующие небольшие островки (например, на Азовском море).

Изучая грязевые вулканы и районы их распространения, необходимо исследовать их морфологические особенности, закономерности строения, состав извергаемого материала, вод и газов. Для образования грязевых вулканов необходимы подвижные во влажном состоянии глинистые, песчаные или глинисто-песчаные отложения, грунтовая (или ювенильная) вода и газы. Для вулканов нефтеносных районов характерны углеводородные газы, выделяющиеся из нефти или при разложении органических остатков. В районах молодого вулканизма грязевулканическая деятельность обусловлена выделением паров воды, сероводорода и углекислоты. Различия в газовом режиме грязевых вод могут указывать на генезис газов и являться поисковым признаком на месторождения нефти. Грязевой вулканизм распространен во многих районах (Керченский, Апшеронский, Таманский полуострова, в нефтеносных районах Кавказа, на восточном побережье Каспийского моря, в бассейнах рек Эмбы и Урала, на о. Сахалине и др.).

ИЗУЧЕНИЕ ЭКЗОГЕННОГО РЕЛЬЕФА

РЕЛЬЕФ РЕЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Задачи исследований

Основные задачи исследований: 1) анализ распространения на изучаемой площади скульптурных и аккумулятивных форм речного происхождения в зависимости от древнего структурного плана, неотектонических структур и физико-географических особенностей; 2) изучение морфологии, генезиса и возраста форм; 3) анализ географических и геологических условий речного морфогенеза и их эволюции в геологическом прошлом; 4) анализ изменения положения базисов эрозии и аккумуляции; 5) изучение ориентировки речных долин для реконструкции древних и новейших разломов; 6) анализ продольных профилей рек, террас, особенностей строения склонов, локализации областей эрозии или аккумуляции, господства различных типов эрозии (боковой, глубинной, регрессивной), следов речных перехватов, древней речной сети и других явлений для решения вопросов о характере древних и современных тектонических движений и структур; 7) выявление истории развития рельефа; 8) предварительная оценка перспектив практического использования форм речного происхождения для хозяйственного освоения и решения вопросов поисков полезных ископаемых (россыпей, строительных материалов и др.).

Литература по формам речного происхождения очень обширна [13, 65, 66, 71, 108, 133, 158, 161, 195, 240, 241, 247, 252, 280, 299, 382, 394, 434, 439, 457, 466, 467, 476, 478].

Анализ географических и геологических условий речного морфогенеза

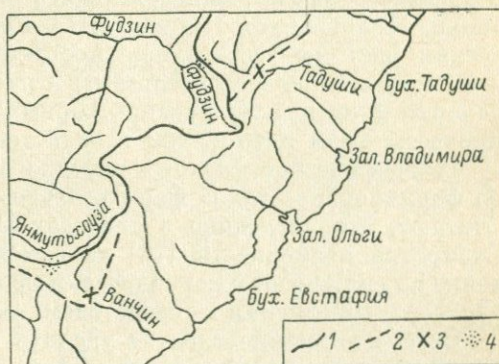
Приступая к изучению рельефа речного происхождения, необходимо проанализировать географические (климат, процессы выветривания, растительность, почвы и др.) и геологические (геологическое строение, литолого-петрографический состав горных пород, тектонические структуры, неотектонические особенности и др.) факторы рельефообразования. Основные особенности речного морфогенеза определяются в первую очередь геологическими факторами: 1) преобладанием тех или иных процессов речного морфогенеза (эрозии — глубинной, боковой, регрессивной, диагональной или аккумуляции); 2) локализацией областей эрозии или аккумуляции и формой последних в плане (изометрические очертания обширных

равнин, линейно вытянутые зоны глубинной эрозии в горах и т. д.); 3) распространением тех или иных типов плана речной сети (решетчатого, перистого, радиального и т. п.); 4) локализацией в тех или иных районах характерных типов речных долин и связанного с ними определенного набора эрозионных и аккумулятивных форм и так далее.

Обычно эти особенности специфичны для основных типов геоструктурных областей (геосинклинальных, складчатых, платформенных, эпиплатформенной активизации), при этом обнаруживаются определенные закономерности внутри каждой из них (так, например, в интрагеоантиклинальных хребтах геосинклинальных областей формы речных долин перистого типа расчленения закономерно меняются сверху вниз от V-образных к ящикообразным и т. п.).

Рис. 14. Схема перехватов рекой Тадуши реки Фудзин и рекой Ванчин реки Янмутьхоузы и положение древнего и современного водоразделов Сихотэ-Алиня, по Г. С. Ганешину (1958).

1 — линия современного водораздела, 2 — линия древнего водораздела, 3 — места перехватов, 4 — участки водораздельной террасы.



Поэтому необходимо установить, к какому геоструктурному типу относится изучаемая область, каковы ее неотектонические движения и структуры, каково влияние последних на особенности речного морфогенеза в изучаемом районе, анализируя эту проблему не только в современном временном «срезе», но и в различные этапы геологического прошлого.

Подобный анализ дает возможность установить, когда заложен основной план речной сети, развивалась ли она унаследованно с того времени, подвергалась ли коренным или частичным перестройкам. Полная согласованность речной сети с орографическими, геоморфологическими и геологическими элементами говорит о том, что она создавалась одновременно с последними или об унаследованном развитии. Несогласование плана речной сети с указанными элементами говорит о том, что она старше наблюдаемого теперь рельефа. Следы речных перехватов — признаки частичных перестроек речной сети, вызванные изменением характера молодых тектонических движений или другими причинами, которые необходимо установить (рис. 14).

Географические условия морфогенеза, накладываясь на геологические, обуславливают характерные проявления эрозии и речной аккумуляции в различных ландшафтно-климатических зонах, которые и необходимо изучить в процессе полевых исследований.

В зонах пустынного, полупустынного и отчасти степного климатов многие формы связаны с деятельностью периодически действующих потоков (вади, овраги, балки и т. п.). В зонах степной, широколиственных лесов и тайги господствуют формы, созданные постоянно действующими водотоками (долины, равнины, террасы и др.), которые, однако, периодически замерзают. В зоне тундр деятельность постоянных водотоков обнаруживает периодичность вследствие значительного времени их ежегодного промерзания. Лишь большие реки, не замерзающие до дна, проявляют зимой рельефообразующую деятельность, масштабы и формы которой пока еще слабо изучены.

Географические условия и их влияние на особенности речного морфогенеза также следует рассматривать не только в современном возрастном «срезе», но проследить их эволюцию и в различные эпохи геологического прошлого. Границы ландшафтно-географических зон не оставались постоянными в четвертичное время, а в неогене и палеогене климаты и растительность, их зональность, условия и типы выветривания горных пород, почвообразовательные процессы были иными, чем в плейстоцене [46, 377].

Географические факторы нередко оказывают решающее влияние на формирование таких форм речного происхождения, как террасы. Считают, что последние в пределах Восточной Сибири и Западно-Сибирской низменности [73] являются климатическими. Возникновение их связывают с периодически проявляющимися региональными эпохами обводнения — следствием эпох увлажнения климата.

Особое внимание следует уделить анализу перемещений (в геологическом прошлом) и современного положения общего и местных базисов эрозии и аккумуляции [454], с которыми связано образование форм речного происхождения (см. ниже).

Речная сеть

Наивысшая таксономическая категория рельефа речного происхождения — совокупность всех речных долин изучаемого района, составляющая его речную сеть. Необходимо собрать материалы по морфометрии: густоте и глубине расчленения, энергии рельефа (высотное расстояние между высшими и низкими точками рельефа в пределах равновеликих сравниваемых между собой площадей), суммарной длине рек изучаемого района и т. п.

Для количественных оценок при изучении речной сети определяют порядок рек и их притоков. По Р. Е. Хоргону [439], неразветвленные элементарные притоки относятся к 1-му порядку, притоки (реки), принимающие притоки только 1-го порядка, ко 2-му и т. д. Порядок главного потока наивысший; он характеризует и порядок всей речной системы (см. гл. VII).

Данные по морфометрии речных систем используются для построения карт энергии рельефа, карт порядков речных долин и др., Некоторые из них употребляются при морфоструктурных исследованиях, при поисках нефти и газа и других полезных ископаемых [434] (см. гл. VII).

Изучая план речной сети, нужно определить, к какому типу он относится (рис. 15): древовидному (дендритовидному), перистому, решетчатому, параллельному, радиальному (центробежному или

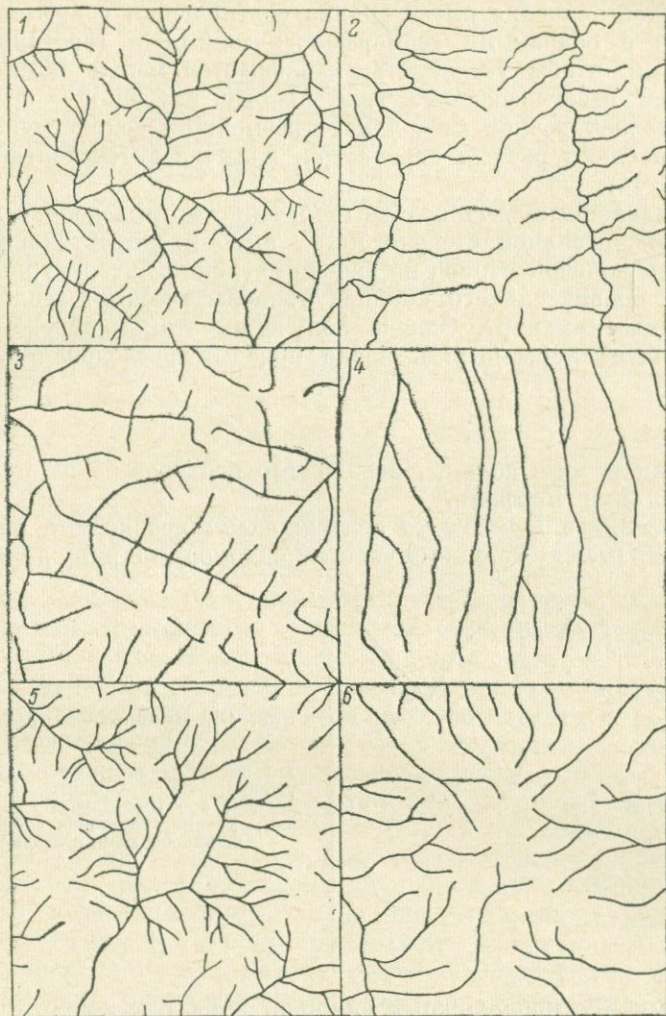


Рис. 15. Основные типы речной сети в плане.

1 — древовидный (бассейн р. Улы, Дальний Восток), 2 — перистый (бассейн Нижней Тунгуски, Восточная Сибирь), 3 — решетчатый (бассейн рек Зей и Туксани, хр. Становой), 4 — параллельный (бассейн р. Улы, Дальний Восток), 5 — радиальный центроотстремительный (кальдера «Тигровый дом» близ Хабаровска), 6 — радиальный центробежный (бассейн р. Бикина, Сихотэ-Алинь).

центроотстремительному), кольцевому, смешанным типам (вариациям из нескольких указанных выше типов). Анализ плана речной сети может выявить системы трещиноватости, зоны глубинных разломов, милонитизации, брекчирования, кольцевые геологические структуры,

выходы устойчивых пород, элементы складчатых структур и другие геологические данные, а также связь долин с процессами экзогенного морфогенеза (приледниковыми ложбинами стока и т. д.).

Большое значение имеет анализ соотношения современной речной сети с основными геоморфологическими и геоструктурными элементами, чтобы установить, наблюдается между ними соответствие или несогласование. Тщательному изучению подвергаются следы древней речной сети для ее возможной реконструкции. Выявляются следы речных перехватов, наличие antecedentных долин (см. рис. 14).

Перечисленные здесь задачи (перечень которых далеко не исчерпан) в значительной степени могут быть предварительно решены еще в предполевой период на основе изучения литературных источников и сравнительного анализа топографических, геологических и тектонических карт. Однако полученные таким образом результаты следует пересмотреть после полевых исследований.

Долины

Изучая речные долины, необходимо исследовать их поперечные и продольные профили.

При анализе *поперечного сечения долин* необходимо определить их ширину (между верхними частями склонов), ширину дниц (между

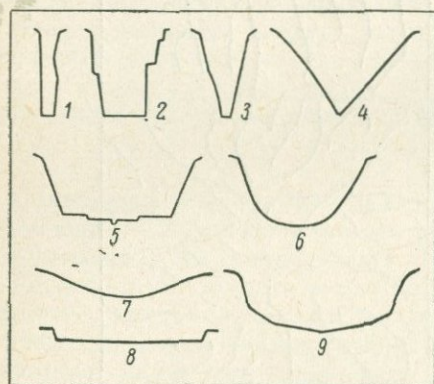


Рис. 16. Поперечные профили долин разных типов.

1 — щель (теснина), 2 — каньон, 3 — ущелье, 4 — V-образная, 5 — ящикообразная, 6 — U-образная, 7 — лоткообразная, 8 — плоская ящикообразная, 9 — ящикообразная, с педиментами.

подошвами противоположных склонов) и их изменение по течению реки.

Далее нужно установить, к какому типу относится изучаемая долина по характеру поперечного профиля (щель, каньон, ущелье, V-образная, ящикообразная, U-образная, лоткообразная и др.) (рис. 16).

Изменение поперечных профилей прослеживается сверху вниз по долине. Если они меняются от каньоно- и V-образных к ящикообразным, можно предполагать тектоническое поднятие осевой части хребта, если наоборот — возможны поднятия окраин (или всего) хребта или снижение базиса эрозии. Нередко долины обра-

батываются другими агентами денудации (например, ледником). В этих случаях их поперечный профиль меняется (на троговый и др.). При четкообразном строении долины в суженных участках наблюдаются каньонообразные, ущельеобразные, V-образные поперечные профили, сменяющиеся в расширениях ящикообразными.

Если в пределах изучаемого района наблюдаются сквозные долины, прорезающие возвышенности, следует установить, являются ли они антецедентными («перепиливание» рекой поднимающихся возвышенностей), эпигенетическими (развивающимися на горизонтально или субгоризонтально лежащих пластах и затем врезающимися в сложно дислоцированные породы), регрессивно-эрозионными («перепиливание» хребтов регрессивной эрозией), ледниковыми (образующимися в результате слияния вершин двух трогов).

Нередко долины асимметричны. Необходимо установить причины, вызвавшие асимметрию. Меняющаяся асимметрия, типичная для меандрирующих рек, создается в результате гидродинамической особенности потока. Поперечно-винтовая циркуляция вод обуславливает подмыв вогнутых берегов и пологость противоположных берегов. Для рек северного полушария характерны крутые правые и пологие левые берега в соответствии с законом Бэра — Бабинэ, основанном на том, что здесь ускорение Кориолиса для горизонтально движущихся тел направлено вправо. Во многих случаях асимметрия вызывается экзогенными явлениями: различием в интенсивности процессов денудации, обуславливаемом различием экспозицией склонов по отношению к странам света, к преобладающим ветрам, различным характером криогенных процессов на склонах разной экспозиции и т. д. Большое значение имеют геологические факторы, например моноклинальное залегание пород различной прочности. В этих условиях субсеквентные реки скатываются по наклону, образуя пологие склоны, совпадающие с падением пород, и противоположные — крутые. Косые поднятия вызывают скатывание субсеквентных рек в сторону наклона, образуя крутой подмываемый склон и пологий противоположный. Асимметрия здесь усиливается еще в результате увеличения площади водосбора пологого склона по сравнению с ничтожно малой площадью водосбора крутого склона. Асимметрия может быть вызвана образованием долины по разлому между двумя косо поднимающимися блоками; крутые берега могут быть образованы тектоническими сбросами или сбросами. Если река протекает по контакту устойчивых и неустойчивых к эрозии пород, то первые могут формировать крутой и высокий берег, тогда как противоположный будет низким и пологим.

Асимметрия речных долин нередко вызывает асимметрию водоразделов между ними, которая обуславливается теми же причинами. Изучение этого явления может дать много новых фактов для более глубокого познания геологических и географических условий формирования рельефа.

Продольный профиль реки создается в результате меняющегося соотношения между экзогенными и эндогенными факторами

морфогенеза. В фазу нисходящего развития рельефа он имеет тенденцию к постепенному снижению и приближению к устойчивому или конечному профилю равновесия [247, 476]. В фазу восходящего развития уклоны продольного профиля увеличиваются.

Математическое обоснование кривой равновесия рассматривается в трудах К. К. Маркова [247], А. Е. Шайдеггера [456], А. С. Девдариани [125, 126]. Как установлено, реально наблюдаемые профили не отвечают какой-либо правильной математической кривой [247].

Продольные профили характеризуются неровностями, положительными и отрицательными перегибами, чередованием эрозионных и аккумулятивных участков. Их изучают визуально на местности, инструментально при помощи нивелира, теодолита, по аэрофотоснимкам, по топокартам. Графически продольные профили лучше всего изображать с превышением вертикального масштаба над горизонтальным. На профили наносятся места впадения притоков (а в нужных случаях и профили притоков), а также геологические и другие необходимые данные с целью выяснения зависимости уклонов от влияния различных факторов.

Как правило, профили имеют ступенчатый вид. Ступени 1-го порядка (длиной 100—200 км) обуславливаются неоднородностью геологического строения или впадением притоков, ступени 2-го порядка (до 20—30 км) образуются мезорельефом русла, меандрами, участками перекаатов, ступени 3-го порядка — отдельными элементами русла (косами, перекатами), изменением ширины русла, мелкими изгибами русла и т. д. [241]. Наиболее ярко макроступенчатость продольного профиля выражена у четкообразных долин. Участки значительного падения их профиля приурочены к выходам более устойчивых пород или к поперечным горстовым поднятиям, участки спокойного падения — к расширениям долины, обусловленным выходами легко разрушаемых пород или локальными погружениями.

Выявление участков аномально больших падений в руслах рек необходимо для определения характера современных тектонических движений и построения карт изодеф (см. гл. II).

Исследования продольного профиля сопровождаются изучением общего и местных базисов эрозии и их изменений во времени и пространстве. Формирование продольного профиля происходит в результате глубинной эрозии. Понижение общего базиса эрозии вызывает передвигающуюся вверх по реке регрессивную эрозию, а повышение — подпор вод и распространяющуюся вверх аккумуляцию [65, 476, 479]. Колебания базиса эрозии в устьях больших рек равнин, начинающихся в горах, практически не сказываются в их горной части вследствие влияния местных базисов эрозии, задерживающих регрессивную эрозию. Поэтому между изменениями базиса эрозии и глубинной (регрессивной) эрозией не существует прямой зависимости [240, 241, 247].

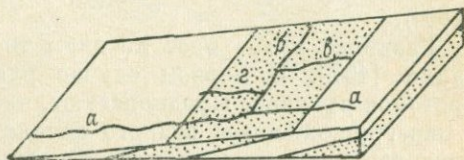
Изучение долины в плане дает возможность выявить следующие зоны: 1) невыявляющейся линейной эрозии или зоны площадной

эрозии, которая иногда неточно называется зоной «невывяляющейся» эрозии [71] или «поясом отсутствия эрозии» [439] (в действительности в этой зоне эрозия существует, но не линейная, а плоскостная или площадная); это зона отсутствия руслового стока и русловых форм эрозии; 2) глубинной эрозии (зона господства ущелий, каньонов, V-образных долин); 3) боковой эрозии (зона господства долин ящикообразного профиля с комплексами эрозионных, эрозионно-аккумулятивных и аккумулятивных террас) и 4) аккумуляции (зона развития аккумулятивных террас и обширных пойм). Эти зоны прослеживаются сверху вниз от водоразделов до устьев рек. Следует изучить их геоморфологические особенности и изменения в геологическом прошлом.

Долина основной реки и ее притоков составляет *речную систему*. Заложение каждой системы связано с территориально ограниченным участком земной поверхности, имеющим определенный тектонический наклон [71]. Созданные таким образом крупные речные

Рис. 17. Схема классификации рек и долин, по В. М. Дэвису.

а — консеквентные, б — субсеквентные, в — ресеквентные, г — обсеквентные.



системы являются устойчивыми и нарушаются лишь при коренных перестройках геоструктурного плана или под влиянием крупных ледниковых покровов. Если эти перестройки неоднократны, формируются сложные долины, состоящие их разновозрастных участков (Волга, Обь, Енисей, Амур и др.).

Анализируя речную систему, нужно определить, к какому типу она относится. По характеру рельефа поверхности различают долины горных и равнинных рек; по генезису — долины эрозионные, тектонического происхождения, предопределенные тектоникой, с ледниковой обработкой, с эоловой обработкой, карстовые и т. д.; по отношению к простиранию геологических и геоморфологических элементов — долины продольные, поперечные и диагональные; по отношению к складчатым и разрывным структурам — долины нейтральные (на горизонтальных пластах или в массивных породах), тектонические (синклинальные, грабеновые, сбросовые), приспособившиеся к тектоническим структурам (заложены в древних синклиналях, антиклиналях, грабенах, горстах, зонах глубинных разломов и т. д.); по отношению к наклону земной поверхности, наклону пластов (или геологическим структурам) — долины консеквентные (падающие по наклону), субсеквентные (вытянутые по простиранию), обсеквентные (наклоненные против падения пластов) и ресеквентные субсеквентных притоков, текущих согласно с главной консеквентной рекой, рис. 17); по особенностям истории развития выделяются простые или элементарные долины и сложные гетерохронные долины, состоящие из разновозрастных участков.

В речных долинах развито большое количество форм речного происхождения (меандры, прирусловые формы, пойма, террасы, эрозионные склоны и др.).

С *руслом* связан ряд специфических форм, изучение которых дает много материалов по динамике процессов речного морфогенеза. Тщательному изучению должен быть подвергнут тальвег реки — линия, соединяющая самые низкие точки дна долины; точки и отрезки его положительных и отрицательных перегибов (плесы, перекаты, пороги); их связь с геологическим строением, гидродинамическим режимом и морфологическими особенностями различных участков долин. Если имеется возможность получить (или использовать имеющиеся) данные по мощности аллювия и восстановить рельеф ложа реки без аллювия, то анализ его поведения может дать много материалов по особенностям геологического строения, новейшим движениям и структурам (в частности, блоковым [189]).

Развитие русла идет по двум типам: *фуркации* или *меандрирования* [457]. В первом случае русло разбивается на множество протоков-рукавов. Предполагают, что *фуркация* развивается в связи с перегруженностью водного потока наносами или вследствие подпора вод реки, вызываемого тектоническим поднятием поперечного блока, хребта, изливаниями эффузивов, морской или озерной трансгрессией и другими причинами, влияющими на поднятие общего или местного базисов эрозии.

Меандрирование — следствие поперечно-винтовой циркуляции потока [65]. Радиусы меандр (изгибов, образованных рекой) соответствуют размерам потока (для равнинных рек умеренной зоны радиус кривизны свободных излучин в 5—10 раз больше ширины русла). Если подобного явления не наблюдается, следует искать причину несоответствия (например, перехват и т. д.).

Следует различать два типа меандр: свободные, на днищах относительно прямолинейных широких долин, и *врезанные*, когда долина меандрирует вместе с последними. В первом случае плоское днище долин создается смещением меандр вниз по течению, их ширина при этом контролируется меандровым поясом (расстояние между крайними выпуклыми дугами противоположных меандр). С меандрами связано образование «останцов обтекания» (при прорыве узких шеек меандр), отмерших меандр, которые превращаются в озера-старицы. Механизм перемещения меандр хорошо изучен [66, 241, 457]. Их *вогнутый* (внешний) берег крутой, так как подвергается размыву, противоположный — *отмельный*, сопровождается косами. Он нарастает дугообразными пойменными сегментами [457].

Для изучения динамики русла в прошлом и прогнозирования его развития на будущее необходимо провести сравнительный анализ материалов повторных аэрофотосъемок, топоъемок, фотограмметрических съемок. Изучением следов блуждания меандр можно

очень точно установить закономерности передвижения русла [324] (рис. 18).

Изучая *прирусловые формы*, следует описать деструктивные (скальные пороги, водопады, острова, подводные камни, подмываемые берега и т. д.) и аккумулятивные (береговые отмели, перекаты, аккумулятивные острова, осередки, бечевник и др.) образования.

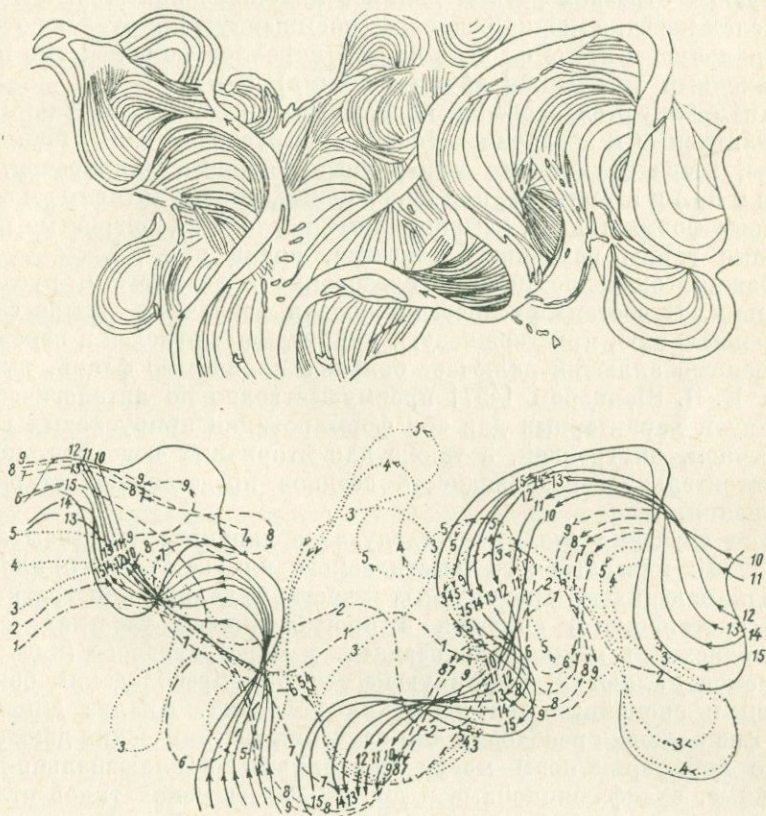


Рис. 18. Пример восстановления прежних положений речного русла на основе анализа микрорельефа поймы, по И. В. Попову [324].

Цифрами, пунктирными и сплошными линиями показаны последовательные этапы положений речного русла.

Русловые формы отделены от пойменных бечевником, образующим береговую зону, в которой различают собственно бечевник, зону размыва, зону высокого разлива [280]. Выше располагается береговой склон.

Пойму необходимо изучать как по поперечным профилям, так и по течению реки. Определяются границы ее распространения и их изменение по продольному профилю реки, высота, ширина,

места расширений и сужений, представлена ли она одним уровнем или несколькими, имеется ли в ее пределах меандрирование или фуркация русла. Изучаются особенности гидрологического режима реки и его влияние на формирование поймы. Выделяются различные типы пойм: сегментный (характерный для меандрирующих рек и рек с хорошо развитой фуркацией), обвалованные поймы, типичные для узких отрезков речных долин с малоподвижным руслом (в их пределах нередко можно различать повышенную прирусловую часть, центральную и притеррасную части), параллельно-гривистые поймы (переходный тип между двумя первыми) [457].

Анализируются особенности морфологии поймы: первичные аккумулятивные и эрозионные формы (прирусловые валы, пойменные гривы, веера блужданий, межгривные ложбины, староречья, старицы и др.) и вторичные, или наложенные, аккумулятивные и скульптурные формы (дюны, дефляционные котловины, бугристые пески озерные ванны различного генезиса, кочки и т. д.).

Важное значение имеет исследование пойменного и руслового аллювия. В составе руслового аллювия различают четыре фации: перлювиальную, пристержневую, прирусловых отмелей и перекатов. Пойменный аллювий включает большое количество фаций, выделяемых Е. В. Шанцером [457] преимущественно по литологическому составу и характерных для зон формирования прирусловых валов, приречной, внутренней, а также для вторичных водоемов поймы. Самостоятельную разновидность осадков представляют старичные отложения.

При изучении различают следующие динамические фазы аллювия [220]: инстративного (выстилаемого или остаточного) аллювия в поднимающихся, эродируемых участках долин, констративного (или настилаемого) аллювия в прогибающихся участках долин, где происходит накопление осадков, и перстративного (или перестилаемого) аллювия, формирующегося при преобладании боковой эрозии в спокойных тектонических условиях. Анализ динамических фаз аллювия необходим для изучения тектонических движений.

По периферии пойм могут накапливаться аллювиально-делювиальные, солифлюкционные и других генетических типов отложения. В результате развевания и заболачивания образуются эоловые и органогенные отложения.

Геологическое строение пойм изучают как по естественным, так и по искусственным обнажениям, скважинам, данным ВЭЗ. Исследуют фации аллювия, их соотношения друг с другом и формами рельефа; механический, литологический состав, состав тяжелой и легкой фракции шлихов; палеонтологические остатки; изменения осадков в вертикальном разрезе и по площади. Мощность пойменного аллювия определяется по выходам более древних пород в основании поймы или по данным изучения скважин и горных выработок. Скорость осадконакопления пойменного аллювия может определяться подсчетом слоев в наилке, возраст которого устанавливается археологическими остатками или абсолютными датировками [280].

Под *речными террасами* понимаются горизонтальные или слегка наклонные выровненные площадки, «... обязанные своим происхождением воздействию водного потока на берега и соответствующее то поверхности аллювиальных отложений, то эрозивной поверхности, т. е. коренным породам, выровненным действием проточной воды» [476, с. 277], и ограниченные уступами со стороны реки и борта долины. Пересечение уступов с указанными площадками образует бровку и тыловую закраину (шов) террасы. Уступы имеют иной генезис и возраст (в их образовании наряду с эрозией участвуют агенты комплексной денудации) и поэтому не должны объединяться с террасой в единое целое, хотя некоторые авторы это делают [139, 466, 467].

При изучении террас необходимо: 1) собрать наиболее полные материалы по их морфометрии и морфографии; 2) провести поперечное и продольное профилирование (с составлением продольного профиля террас по всей долине); 3) установить степень и характер деформации террас экзогенными агентами (солифлюкционными, эрозивными, делювиальными и другими процессами) и эндогенными агентами (неотектонические пластические и разрывные деформации); 4) изучить геологическое строение террас; собрать остатки животных и растений, древних культур человека; взять пробы для различного типа анализов; провести опробование осадков (шлиховое, а в случае необходимости штуфовое, бороздовое и т. п.) на полезные ископаемые; установить возраст отложений, слагающих террасы; 5) выяснить влияние литолого-петрографического состава коренных пород, древних и новейших структур и движений на строение и закономерности расположения террас; 6) выявить соотношения террас с комплексами морен, флювиогляциальными, морскими, озерными террасами, покровами лёссовидных пород; 7) проследить соотношения террас главной реки и ее притоков; 8) выявить особенности террасовых комплексов в бассейнах различных рек и сопоставить их друг с другом для выяснения причин их расхождений; 9) проанализировать расположение общего и местных базисов эрозии в связи с образованием террас в изучаемых долинах и речных системах; 10) выявить возможности практического использования террас; 11) установить основные этапы в истории формирования террас в изучаемой долине, речном бассейне, районе.

Террасы подразделяются на аккумулятивные, эрозивные (цокельные) и эрозивно-аккумулятивные в зависимости от их геологического строения. Однако и на эрозивных террасах почти всегда наблюдается тонкий слой инстративного аллювия. Эрозивные террасы формируются не только на коренных, но и на рыхлых отложениях. В этих случаях наблюдается несоответствие возраста отложений возрасту террасы.

Возраст, определяемый комплексом указанных выше методов, для аккумулятивных террас соответствует времени формирования слагающего их аллювия, а для эрозивных — длительностью процесса эрозивного выравнивания. Обычно чем выше (а для погребенных — чем ниже) расположены террасы, тем они древнее.

По особенностям расположения различают террасы, вырезанные в бортах долины, прислоненные, вложенные; по условиям экспозиции — выраженные в современном рельефе, погребенные или законсервированные; по степени изменения последующими наложенными экзогенными процессами — слабо измененные (со сниженной бровкой, замаскированными тыловыми швами, расчлененные на увалы и т. д.); по степени тектонических деформаций — недислоцированные, дислоцированные (разбитые сбросами или подвергшиеся пластическим деформациям) [476, 477].

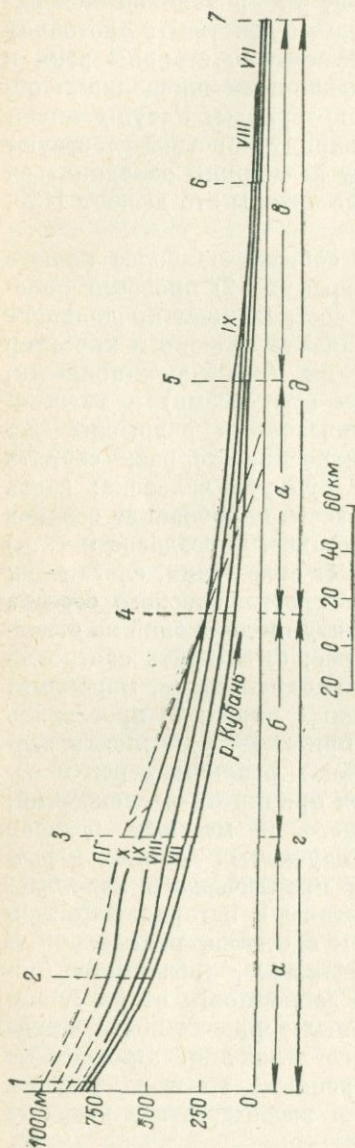


Рис. 19. Продольный профиль террас р. Кубани, по И. С. Сафронову.

1 — Клухори, 2 — Черкесск; 3 — Невинномысск; 4 — Армавир; 5 — Кропоткин; 6 — Усть-Лабинск; 7 — Краснодар. Направление: а — меридиональное, б — северо-западное, в — юго-западное, г — область северного склона Большой Кавказа, д — область Кубанской депрессии. ПП — уровень покровных галечников, VII—X — уровни террас.

Комплексы террас в результате сглаживания бровок и заполнения тыловых швов осадками в условиях интенсивной комплексной денудации нередко преобразуются в так называемые террасоувалы, которые должны подвергаться особенно тщательному изучению (с применением горных работ).

Необходимо выделить *цикловые и локальные террасы* и выявить причины их возникновения. К первым относятся регионально развитые террасы, образующиеся в результате циклов речной эрозии [466]. Они возникают вследствие колебаний базиса эрозии, вызванных эвстатическими колебаниями уровня моря, тектоническими движениями, охватывающими значительные территории, климатическими изменениями. Локальные террасы про-

слеживаются на отдельных участках речных долин. Их возникновение обуславливается: 1) закономерностями развития руслового потока (разгрузкой его от кластического материала в определенных участках, смещением меандрового пояса вниз по

течению [66]); 2) влиянием местных причин (поддуживание долины в каких-либо участках вследствие обвалов и других причин, сезонные колебания уровня воды в реке, изменение водности речных потоков при перевахатах и др.).

На склонах долин нередко наблюдаются *псевдоотеррасы* (структурно-денудационные ступени, подрезанные рекой плоские конусы выноса боковых притоков, оползневые и солифлюкционные ступени, нагорные террасы). Лишь тщательное исследование позволяет отличить их от речных террас.

Поперечные и продольные профили речных долин позволяют выявить цикловые и локальные уровни и их деформации. Расхождение террас вверх по долине обычно рассматривается как следствие тектонических поднятий в осевых частях хребтов, расхождение вниз — как результат общего поднятия территории или понижения уровня моря. Если в верховьях происходит поднятие, а в низовьях — погружение (рис. 19), образуется два веера террас, расширяющихся вверх и вниз, при этом нижний веер является погребенным. Чем выше терраса в первом веере, тем она древнее, а в последнем — чем ниже (глубже), тем древнее.

Существуют гипотезы тектонического и климатического происхождения террас. Большинство исследователей считают, что «тектонические» террасы наиболее типичны для долин рек прерывисто воздымающихся горных сооружений, а климатические — для обширных платформенных равнин, где их образование связывается с развитием и деградацией ледниковых покровов геологического прошлого. Однако климатические террасы могут быть обнаружены и в долинах горных рек (к ним относятся, например, флювиогляциальные террасы), а тектонические — в пределах платформенных равнин, испытывающих прерывистое эпэйрогеническое поднятие. Поэтому было бы ошибкой считать все террасы в долинах горных рек тектоническими (как это иногда, к сожалению, делается).

Следует учитывать, что тектонический фактор влияет на формирование террас не непосредственно, а через эрозию и аккумуляцию. Последние испытывают изменения в зависимости от интенсивности неотектонических движений, от устойчивости пород, подвергающихся размыву, от колебаний водности потоков и других факторов. Поэтому высоты «тектонических» террас не соответствуют амплитудам тектонических поднятий (см. характеристику морфонеотектонического метода в гл. II). При неотектонических реконструкциях следует анализировать не только высоты террас, но и многие другие материалы (в особенности мощности, фации и гранулометрический состав отложений), которые могут указывать на особенности новейших движений.

Характерным элементом речных долин являются *конусы выноса и сухие дельты*, распространенные в предгорных долинах, межгорных котловинах и в устьях боковых притоков главных рек.

В районах с сухим климатом в устьях рек, не доходящих до озерных или морских бассейнов (в некоторых случаях и до русел главных рек), нередко наблюдаются сухие дельты (современные),

связанные с районами прогибаний в предгорьях, и реликтовые приподнятые и расчлененные. При погружении образуются наклады- вающиеся друг на друга дельты, а при поднятии — смещенные относительно друг друга [62, 202]. Изучение их позволяет оценить неотектонические и климатические условия времени формирования описываемых форм рельефа.

Конусы выноса образуются обычно в притоках горных рек умеренного пояса. Предполагается, что наиболее обширные конусы формировались в перигляциальных зонах в эпохи оледенений [89]. Однако во многих горных районах СССР они образуются и в настоящее время, преимущественно в устьевых частях небольших горных рек.

В формировании *склонов долин* участвуют глубинная, боковая эрозия, плоскостная (или площадная) эрозия, крип или дефлюкция, солифлюкция и другие процессы комплексной денудации. По представлениям А. Вуда [505], разделяемым в настоящее время большинством исследователей, склон имеет следующие характерные элементы: 1) вершину (верхняя часть склона, характеризующаяся крипом или медленным течением грунта), 2) уступ (с овражным расчленением и процессами оползания грунта), 3) так называемый обломочный склон (зона аккумуляции, образования конусов выноса), 4) педимент — выровненная скульптурная поверхность с уклоном порядка 0,5—7°, с линейным и плоскостным стоком и процессами медленного крипа. Изучая склоны, следует обратить внимание на перечисленные элементы и особенности их развития в конкретных условиях каждой исследуемой речной долины. Особенно важно выявить отклонения от указанной схемы и объяснить их причины. Многие исследователи отмечают, что педименты характерны лишь для полупустынных и пустынных областей. Однако Л. Кинг [192] утверждает, что они развиты во всех ландшафтно-географических зонах, но в областях с умеренной и повышенной влажностью прикрыты маскирующими их рыхлыми осадками. Характеристику склоновых отложений можно найти в труде Е. В. Шанцера [458].

Изучая склоны, можно определить характер тектонических движений. В. Пенк [299] различает 3 основных типа склонов: вогнутые (формирующиеся при стабильных тектонических условиях и господстве боковой эрозии), прямые (при равновесии эрозии и тектонического фактора) и выпуклые (при преобладании поднятий и господстве глубинной эрозии). Однако Я. С. Эдельштейн [477] предостерегает против некритического применения этой схемы, так как В. Пенком не учтены многие географические и геологические факторы, влияющие на форму склонов.

В действительности формы склонов значительно разнообразнее, чем это рисует В. Пенк. Необходимо выявить их основные типы и всесторонне охарактеризовать условия их формирования (климат, характер растительности, экспозицию склона, криогенные процессы, литологический состав горных пород, условия залегания пород, их устойчивость к выветриванию и т. д.).

Изучение *аллювиальных равнин* представляет большой интерес, так как они являются районами первоочередного освоения. Следует выяснить, с каким базисом было связано формирование равнины, какой рекой (или реками) они созданы, каков рельеф их поверхности, участвуют ли в их строении участки равнин другого происхождения (озерного, морского и т. д.), сочленяются ли они и как именно со скульптурными равнинами эрозионного, абразионного и тому подобного происхождения, с какими геоструктурами связано пространство изучаемых равнин, каков характер неотектонических движений, деформирована ли поверхность равнин, каково их геологическое строение, какие полезные ископаемые связаны с ними и развиты в их пределах отложениями и формами рельефа, нет ли растущих неоструктур, которые могут иметь значение при поисках нефти и газа. Для приподнятых равнин, перешедших в реликтовое состояние, важно собрать материалы по их эндогенному и экзогенному преобразованию. Приподнятые равнины превращаются нередко в плато.

По гипсометрическому положению обычно различают низменности (от отметок ниже уровня моря до 100 м), равнины собственно (100—200 м), возвышенные равнины (выше 200 м). Плато по степени приподнятости расчленяют на низкие (200—500 м), средние (500—1000 м) и высокие (выше 1000 м).

Аккумулятивное выравнивание происходит только на уровне *базиса отложения* [407] или *базиса аккумуляции* [454], поэтому необходимо обратить особое внимание на положение этого базиса в настоящее время и его изменения в геологическом прошлом. Базисом аккумуляции называют точку, выше которой аккумуляция невозможна и сменяется эрозией (и вообще денудацией). Горизонтальная плоскость, проходящая через эту точку, называется уровнем базиса аккумуляции. Последний в областях денудации и эрозии смыкается с уровнем базиса эрозии (и денудации), образуя единый базисный уровень (the base level у американских авторов).

Овраги, балки

Овраги — крутосклонные глубокие рытвины, образованные временными водотоками в рыхлых породах. Типичны для степных и лесостепных районов. Изучение оврагов важно для эффективной борьбы с вызываемыми ими вредными явлениями (эрозия почв, уничтожение дорог, строений, снижение горизонтов грунтовых вод и т. д.). Классификация оврагов и программа их изучения разработаны С. С. Соболевым [382], А. Козменко [195], Н. И. Николаевым [279] и другими авторами.

При изучении оврагов необходимо собрать сведения о географических и геологических условиях формирования рельефа в данном районе, о распространении различных типов оврагов, густоте овражной сети и ее форме в плане (ветвящаяся, перистая и т. д.), изучить водосборные площади оврагов и их особенности; важно выявить,

развиваются ли овраги в пределах долин, балок или выходят за их пределы, охватывают ли они водораздельные пространства [279, 280].

Изучают морфологию и морфометрию оврагов, их размеры, глубину, ширину, характер поперечного профиля, его изменения сверху вниз; продольный профиль, наличие в нем ступенчатости, характер склонов, наличие на них осыпей, обвалов, оползней, суффозионных и карстовых форм, задернованных или залесенных участков, влияние экспозиции и микроклиматических условий на характер склонов, влияние геологических и климатических факторов на те или иные особенности морфологии и морфометрии оврагов.

Важное значение имеет исследование динамики оврагов путем постановки специальных наблюдений, повторных триангуляций и нивелировок, повторных аэрофотосъемок или наземных фотограмметрических съемок и получения не только качественных, но и количественных показателей. Выясняют, растет ли овраг вершиной, каков характер обрыва в его вершине, роль почвенного и дернового покрова, сезонного промерзания, весеннего снеготаяния, имеются ли перед вершиной суффозионные просадки, блюдца, воронки. Изучают перепад в верховьях оврага, наличие водобойного колодца на дне оврага и его особенности и т. д. [279]. Тщательно изучается роль человека в оврагообразовании (неправильные распашка склонов, заложение канав, дорог и т. д.), а также эффективность противоовражных мероприятий и вызываемые ими явления.

В результате исследований нередко составляют карты типов оврагов, густоты овражного расчленения, динамики оврагообразования и т. д.

Балки, являющиеся по одним данным конечной формой оврага при стабильных условиях его развития, а по другим — преобразованной процессами денудации речной долиной, изучаются аналогично оврагам. Особое внимание при этом уделяется исследованию нередко наблюдающихся в них террас, а также процессов наложенного экзоморфогенеза (комплексной денудации, эоловых процессов, техногенных форм и т. д.).

Сели. Грязевые потоки

Сели — грязе-каменные потоки, возникающие в верховьях горных долин в зоне континентального климата при быстром таянии снегов или концентрированном выпадении атмосферных осадков. Сели наносят огромный вред строениям, сооружениям, дорогам, пастбищам и т. д. Необходимо изучать географические и геологические условия образования селей, характер местности, речных долин, по которым они спускаются, состав, структуру, объем и морфологию грязе-каменного потока, собирать сведения по динамике потока (времени возникновения, продолжительности, скорости и т. д.), выяснять, какова роль антропогенного фактора, какие разрушения и изменения в рельефе вызывают сели, какова эффектив-

ность противоселевых мероприятий, какие из районов являются селеопасными. Полученные данные наносятся на карту.

Нередко обильное пропитывание водой грунтов вызывает на склонах *грязевые потоки* (например, в Киеве в 1956 г.),двигающиеся со значительной скоростью и вызывающие разрушения. Изучение этих потоков ведется по той же программе, что и исследование селей [280].

РЕЛЬЕФ ДЕНУДАЦИОННОГО, СТРУКТУРНО-ДЕНУДАЦИОННОГО И ЛИТОМОРФНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Денудационный рельеф

К этой категории относятся: 1) горный рельеф (денудационные горы, увалы, гривы, гребни); 2) мелкосопочник; 3) поверхности денудационного выравнивания, пенеппены, педиппены. Они формируются в результате нисходящего развития в условиях преобладания процессов комплексной денудации над эндогенными процессами, чаще всего при относительно спокойном тектоническом режиме, и представляют собой генетический ряд последовательно сменяющихся друг друга форм.

Особое внимание необходимо обратить на правильную диагностику этих форм, так как она важна для реконструкции условий морфогенеза, основных этапов истории развития рельефа, прогнозной оценки экзогенной металлогении и решения ряда других важных вопросов (в том числе теоретической геоморфологии).

Как полагают большинство исследователей, денудационные формы развиваются во вторую, стабильную, фазу геоморфологического цикла (наступающую после мобильной фазы), характеризующуюся относительно спокойным тектоническим режимом и господством процессов денудации. Процессы морфогенеза в первой фазе идут по типу восходящего развития, а во второй — нисходящего [299], что обуславливает различие горного рельефа, находящегося в первой и во второй фазах развития.

Горный рельеф в фазе нисходящего развития характеризуется преобладанием вогнутых склонов, господством широких долин с невысокими террасами, значительным развитием долинных педиментов, отсутствием на вершинах возвышенностей реликтов древних поверхностей выравнивания (или их минимальным распространением), сглаженностью водоразделов, широким развитием структурно-денудационных и литоморфных форм. Изучая эти признаки, следует обратить внимание на выявление черт, несвойственных рельефу нисходящего типа (выпуклых склонов, господства V-образных долин или ущелий и т. п.), и дать их объяснение. Наиболее уверенно диагностируются островные остаточные горы, которые обычно расположены среди мелкосопочника или на поверхностях выравнивания.

Необходимо иметь в виду, что новейший этап характеризуется тектонической активизацией, поэтому районы распространения

денудационных форм обычно являются реликтовыми (лишь местами денудационное выравнивание продолжается по отношению к местным базисам денудации). Поэтому признаки восходящего развития накладываются на денудационные формы (проявления глубинной эрозии и т. д.). По материалам З. А. Сваричевской, островные горы Казахстана испытывают новейшее поднятие, а некоторые из них растут в результате гранитного диапиризма.

Дальнейшей формой нисходящего развития является *мелкосопочник* — совокупность групп или многих одиночных денудационных останцов (высотой от нескольких десятков до нескольких сотен метров), отделенных участками денудационных равнин (рис. 20).



Рис. 20. Денудационные останцы на поверхности денудационного выравнивания, окаймляющей западный склон Сихотэ-Алиня. Фото Ю. Ф. Чемякова.

При полевых исследованиях необходимо тщательно изучить морфологические особенности мелкосопочника, геологическое строение останцов и примыкающих к ним участков плоских водоразделов, продольные профили долин и развитые в них террасы, степень развития меандр и т. д. О денудационном генезисе мелкосопочника говорят следующие признаки: 1) преобладание в останцах вогнутых или выпукло-вогнутых склонов; 2) приуроченность их к выходам устойчивых к выветриванию горных пород; 3) расположение останцов в виде цепочек по простиранию выходов пластов устойчивых пород; 4) наличие участков денудационных равнин, разделяющих останцы или их группы; 5) наличие педиментов, опоясывающих денудационные останцы; 6) наличие широких долин рек с выработанными продольными профилями, меандрирующими реками, низкими террасами и террасовалами; 7) широкое распространение кор выветривания

на участках денудационных равнин среди мелкосопочника, а нередко и на склонах и вершинах останцов.

От описанных форм необходимо отличать так называемый мелкосопочник склонов, возникающий в результате молодого эрозионного расчленения.

В процессе нисходящего развития мелкосопочник сменяется *поверхностями денудационного выравнивания*, срезающими дислоцированные или горизонтально лежащие породы. Они характеризуются



Рис. 21. Группа денудационных останцов, сложенных гранитами (северный склон Судет). На заднем плане — древняя поверхность денудационного выравнивания. Фото Ю. Ф. Чемякова.

выровненным, иногда слегка волнистым или холмистым рельефом (с колебаниями относительных высот до первых сотен метров) и нередко наличием денудационных останцов, участков мелкосопочника или островных возвышенностей (рис. 21). Эти поверхности наклонены к базису денудации и дренируются реками, меандрирующими в широких очень пологосклонных долинах.

Конечной стадией денудационного выравнивания является *пенеплен* [133] — предельная денудационная равнина с углами наклона до 3—4°. Для ее формирования требуется очень длительное время, поэтому она является скорее теоретически мыслимой, чем реально достижимой из-за периодически повторяющейся активизации тектонических движений [476].

Поверхности выравнивания могут формироваться как в складчатых областях или областях горообразования, так и на платформах.

Одни исследователи считают их родственными [247, 450], другие рассматривают горные поверхности выравнивания как самостоятельную категорию [131], формирующуюся при восходящем развитии. С последней точкой зрения нельзя согласиться. В горах эти поверхности образуют «предгорную лестницу», которая по В. Пенку [299], возникает при непрерывном расширяющемся равномерном поднятии. Исследования показали, что такая лестница образуется при прерывистых воздыманиях. При этом поверхности выравнивания возникают во время перерывов в поднятиях (т. е. в эпохи нисходящего развития), а уступы, их разделяющие, — во время поднятий (т. е. восходящего развития).

На платформах развиваются как структурно-денудационные, так и аструктурные поверхности выравнивания. Они нередко располагаются гигантскими плоскими ступенями, образующими «платформенные лестницы» (например, на Африканской платформе). Одни исследователи считают их пенецленами, другие — педицленами.

Возраст каждой поверхности выравнивания в различных участках разный (более молодой там, где выравнивание началось позже или продолжается и поныне).

Поверхности выравнивания, по В. М. Дэвису [133], являются результатом денудационного вышоложивания и снижения склонов сверху, а по мнению Л. С. Кинга [192], — следствием параллельного отступления склонов, у подножия которых формируются *педименты*. В дальнейшем, сливаясь друг с другом, они образуют скульптурные выровненные поверхности — *педилены*. В настоящее время гипотезы пенецленизации и педицленации конкурируют друг с другом.

Педименты формируются не только в полупустынном или пустынном климате, но и в других ландшафтно-географических зонах, в частности в зоне умеренного климата, где они перекрыты делювиальными, пролювиальными, солифлюкционными, коллювиальными и тому подобными отложениями. Педименты описаны рядом исследователей в Забайкалье, на Дальнем Востоке, в Сибири и в других районах СССР.

Поверхности выравнивания *предгорных лестниц* рассматриваются как поверхности незавершенной (прерванной поднятиями) пенецленизации [247, 449] и как педилены [192, 368]. В ряде случаев они могут быть результатом выравнивания в «зоне нулевых градиентов» тектонических движений, возникающей между поднимающимися горными хребтами и погружающимися смежными депрессиями [450].

На поверхностях выравнивания нередко наблюдаются рыхлые отложения (иногда сцементированные окислами железа): элювий, кора выветривания, аллювий (в современных и древних, реликтовых, долинах), солифлюкционные отложения, делювий и т. д. Генетические типы отложений, их парагенетические ассоциации и формации обнаруживают в разных ландшафтно-географических зонах специфические особенности, которые необходимо установить в результате полевых исследований.

Процессы денудации и аккумуляции привязаны к единому базисному уровню [407, 454]. Близ этого уровня формируются и денудационные, и аккумулятивные (аллювиальные, морские и т. п.) поверхности выравнивания, образующие в конечном итоге *единую полигенетическую поверхность выравнивания* [259].

Изучая поверхности выравнивания, необходимо детально описывать их морфографические и морфометрические особенности, географические и геологические условия морфогенеза и их изменения в геологическом прошлом; на каких породах развиты эти поверхности, степень их выровненности и отражения в рельефе геоструктурных и литолого-петрографических особенностей подстилающих пород; отложения, наблюдающиеся на поверхностях выравнивания, и осадки, коррелятные последним, отложенные в областях аккумуляции за счет сноса с поверхностей выравнивания.

Исследуя рыхлые отложения на поверхностях выравнивания, можно установить время и условия их формирования (по характеру глинистых минералов, спорово-пыльцевым данным и т. п.). Так, например, возраст поверхности выравнивания может датироваться временем образования аллювия, сохранившегося в обрывах древней речной сети, и т. д. Особенно тщательному изучению должны подвергаться элювиальные образования и в первую очередь коры выветривания, так как с ними и продуктами их перемыва могут быть связаны многочисленные месторождения полезных ископаемых (россыпи золота, платины, касситерита, ильменита и других полезных минералов, бокситы и т. д.). Необходимо установить мощность кор выветривания, изучить их профиль и изменение минералогического состава пород с глубиной, определить тип выветривания, установить их возможные перспективы в отношении поисков полезных ископаемых. Образование того или иного типа коры выветривания происходит под влиянием определенных климатических условий (например, сиаалитная кора формируется в условиях теплого, влажного климата, аллитная — тропического и т. д.), поэтому изучение их необходимо для реконструкции палеогеографических условий формирования рельефа. Особенно тщательному изучению кора выветривания подвергается при специальном исследовании поверхностей выравнивания. Методика его довольно сложна и требует ознакомления со специальной литературой по корам выветривания (работы В. И. Вернадского, И. И. Гинзбурга, В. П. Петрова, Б. Б. Полюнова, А. Е. Ферсмана и других).

Много материалов для познания геологической истории поверхностей выравнивания дает анализ коррелятивных им толщ, отложенных в смежных областях аккумуляции. Чем выше залегают в разрезе слои этих толщ, тем более молодым этапам формирования поверхностей выравнивания они отвечают. Возраст толщ дает возможность определить время формирования поверхностей, а органические остатки, состав глинистых минералов, особенности выветривания, гранулометрия осадков и другие данные — палеогеографические условия формирования поверхностей выравнивания. Наличие галечниковых или гравийных прослоев в толщах более тонких

осадков может говорить об осложнениях процесса выравнивания тектоническими поднятиями и т. д.

Следует определить, к какой категории относятся изучаемые поверхности: 1) развивающимся до сих пор или реликтовым, 2) наземным или погребенным (полностью или частично); 3) не измененным последующими экзогенными процессами или измененным (какими именно: ледниковыми, эрозионным врезом, солифлюкционными, криогенными и т. п. процессами); 4) тектонически деформированным (если да, то складчатыми или разрывными деформациями и какими именно) или недеформированным; 5) по отношению к основным геоструктурным областям (развиты ли они в геосинклинальной области, складчатой области, на платформе или в области эпиплатформенного тектогенеза); 6) по возрасту и т. д.

Наиболее сложно определить, относится ли изучаемая поверхность к типу пенепплена или педипплена, т. е. формировалась она в процессе пенеппленизации или педиппленации. Ответ на этот вопрос может быть получен только в результате комплексного изучения описываемых форм.

Наиболее характерное отличие пенепплена от педипплена заключается в том, что для первого типичны пологовыпуклые склоны [133], а для последнего — пологовогнутые склоны [192].

До последнего времени педипплены рассматривались в качестве климатического варианта пенепплена, типичного для зон пустынного и полупустынного климата. Если эта точка зрения справедлива, то распознавание пенеппленов и педиппленов может основываться на типах кор выветривания. Для пенеппленов наиболее типичны сиалитные и аллитные коры выветривания, а для педиппленов — различные типы пустынных кор с известковым и гипсовым панцирем.

Значительные осложнения в диагностику пенеппленов и педиппленов вносит то обстоятельство, что в геологической истории большинства районов наблюдается периодическая смена климатических условий различной степени увлажненности. Поэтому элементы пенеппленации и педиппленации могут накладываться друг на друга.

Некоторые исследователи полагают, что педипплены могут формироваться и в условиях резко континентального сухого и холодного климата. Другие авторы считают, что процесс выравнивания в любой климатической зоне имеет вначале характер педиппленации, а затем пенеппленации. Согласно этой точке зрения педипплен является начальной формой выравнивания, а пенепплен — завершающей.

Исследование погребенных поверхностей проводится палеогеоморфологическими и геологическими методами (см. гл. II).

В результате изучения поверхностей выравнивания необходимо установить их количество и возраст, выявить основные этапы их развития, установить, сколько было в изучаемом районе эпох выравнивания и разделяющих их фаз тектонической активизации, выявить, если это возможно, какие геоморфологические циклы выделяются в истории развития рельефа, какова их периодичность, какие экзогенные полезные ископаемые могут быть с ними связаны.

Структурно-денудационный и литоморфный рельеф

Обе эти категории тесно связаны друг с другом, так как возникают в процессе избирательной денудации, проявляющейся в одних случаях в препарировке древних структурных форм, сложенных устойчивыми породами, а в других — образованием литоморфного рельефа, обусловленного различной денудационной стойкостью разных пород независимо от условий их залегания.

Структурно-денудационные формы создаются в результате препарировки горизонтально залегающих пластов (структурно-денудационные равнины и плато), моноклиально падающих пластов

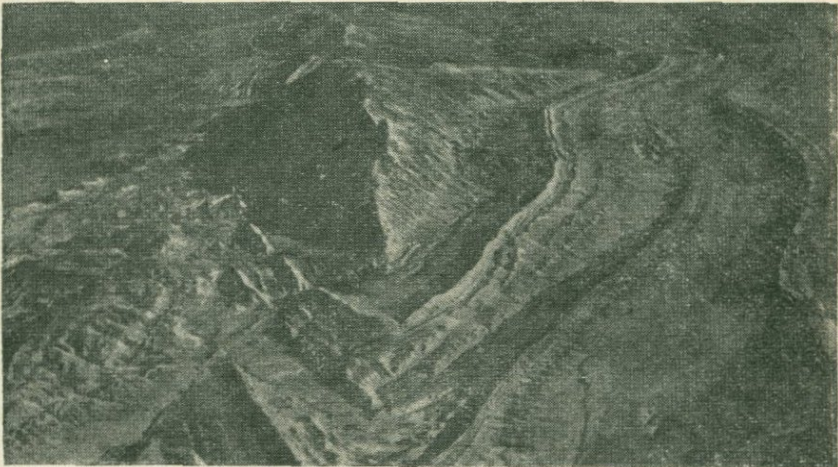


Рис. 22. Овечья гора близ Грейбулла в штате Вайоминг, США, по А. К. Лобеку, представляющая собой отпрепарированный купол (пример структурно-денудационного рельефа). Окружающие его гряды, протягивающиеся по простиранию устойчивых пластов, являются примером литоморфного рельефа.

(куэсты, чешуйчатый рельеф и др.), сложно дислоцированных пластов (антиклинальные гряды и др.).

Структурно-денудационные равнины и плато распространены на платформах с горизонтально залегающим чехлом. Наиболее легко разрушающиеся породы сносятся денудацией, обнажая кровлю пласта, сложенного устойчивыми породами. Кровля и представляет собой структурно-денудационную равнину. Тектонические поднятия (или погружения базиса эрозии) вызывают ее расчленение и превращение в структурно-денудационное плато и столовые горы. Подобные формы широко распространены на Сибирской платформе. На моноклиально падающих пластах создается *куэстовый рельеф*. Пологопадающие поверхности образуются кровлями устойчивых пластов, а крутые уступы — стенками отпрепарированных трещин или денудационными обрывами. Если куэсты расчленяются консек-

вентными параллельными долинами, возникает *чешуйчатый рельеф*, описанный И. С. Щукиным [472]. На интенсивно дислоцированных пластах создаются вытянутые антиклинальные гряды, овальные в плане возвышенности на месте брахиантиклиналей, купола и др. (рис. 22). Отрицательные структурные формы чаще всего не препарируются, так как в процессе размыва неустойчивых пород сразу же заполняются кластическим материалом.

Мы ограничились рассмотрением лишь нескольких примеров структурно-денудационных форм, которые могут быть очень разнообразными. В их категорию не включены отпрепарированные вулканогенные формы (дайки, некки, лакколиты), которые могут рассматриваться как денудационно-интрузивные (см. гл. IV).

Структурно-денудационные формы в результате дальнейших процессов избирательной денудации обычно превращаются в литоморфные. Так, например, разрушение структурно-денудационной антиклинальной гряды в сводовой части ведет к возникновению двух гряд меньших размеров вдоль выхода пластов устойчивых пород на крыльях антиклинали. В дальнейшем вновь созданные гряды распадаются на цепочки отдельных возвышенностей, следующих по простиранию устойчивых пород. Избирательная денудация сказывается в создании как крупных (островные горы и др.), так и мелких форм на склонах возвышенностей, на поверхностях выравнивания и т. д. (денудационные останцы, «твердыши» и т. п.).

Литоморфный рельеф обычно возникает также и при разрушении гранитных массивов. Геоморфологический анализ последних дает возможность установить стадийность в развитии рельефа и оценить глубину денудационного среза, что необходимо для прогнозной оценки

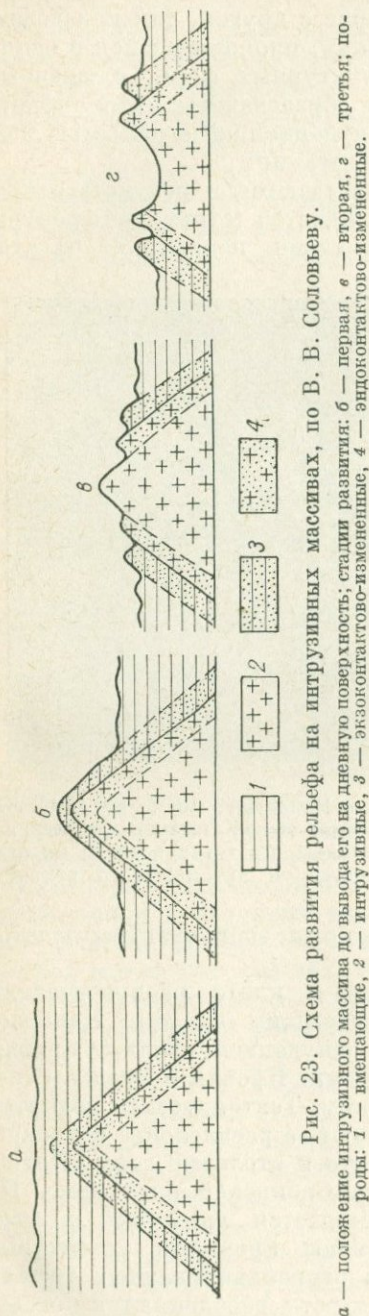


Рис. 23. Схема развития рельефа на интрузивных массивах, по В. В. Соловьеву.

а — положение интрузивного массива до выхода его на дневную поверхность; стадии развития: б — первая, в — вторая, г — третья; по-разному: 1 — вмещающие, 2 — интрузивные, 3 — экзоконтактово-измененные, 4 — интрузивные.

эндогенной металлогении и россыпной металлоносности района.

Обособление «интрузивного» рельефа от окружающих форм определяется различиями в денудационной стойкости интрузивного массива и вмещающих его пород в результате «закаливания» горных пород и образования зон различной прочности при внедрении магмы, а также зонального распределения различных по крупности зерен в теле интрузии и появления системы контракционных трещин (рис. 23).

На первой стадии денудационной препарировки интрузивный массив выступает в рельефе как положительная форма, контуры которой определяются очертаниями интрузии. Вторая стадия характеризуется уничтожением приконтактной брони, снижением и расчленением единой до этого времени положительной формы рельефа. В конце этой стадии возвышенность центральной части интрузивного массива окружается серией изолированных гряд, возникших на устойчивых породах эндо- и экзоконтакта. В третью стадию литоморфные различия выступают наиболее полно. Четко выделяются эндо- и экзоконтактные гряды, разделяющие их приконтактные ложбины и центральное понижение. Последнее вырабатывается за счет денудации легко разрушающихся крупнозернистых пород центральной части интрузии и является инверсионной формой по отношению к возвышенности, существовавшей на этом месте в предшествующие этапы развития.

При изучении структурно-денудационных и литоморфных форм наряду с их морфологическими особенностями особенно детально должны исследоваться геологические структуры, литологический состав горных пород, степень их устойчивости против процессов денудации. Исследуя литоморфный рельеф на интрузивных массивах, необходимо установить, в какой стадии развития он находится, обратив особое внимание на выявление связи морфологических элементов с системами трещин, жильными образованиями, зонами контакто-измененных пород. Наиболее рационально в ходе исследований составлять крупномасштабную геоморфологическую карту района интрузивного массива, выделив на ней поверхности, предопределенные эндо- и экзоконтактными зонами и другими литоморфно контролирующими факторами.

РЕЛЬЕФ ЛЕДНИКОВОГО И ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В процессе геоморфологического картирования исследователь сталкивается с необходимостью изучения районов современного и древнего оледенения.

Районы современного оледенения

Современное оледенение распространено во всех наиболее крупных горных системах СССР: на Кавказе, Урале, в горах Средней Азии и Южной Сибири, Дальнего Востока, Северо-Востока, Камчатки и Курильских островов. Исследованию в этих районах должны

подвергаться как формы рельефа ледникового и флювиогляциального происхождения, так и сами ледниковые тела *. Детальная программа изучения последних разработана С. В. Калесником [179, 180]. Материалы ее использованы ниже.

Основные задачи полевых и камеральных работ: 1) собрать и обобщить материалы по морфографии и морфометрии ледников; 2) изучить типы ледниковых тел и условия их залегания; 3) установить, какие типы гляциальных ландшафтов развиты в изучаемом районе; 4) исследовать морены (отложенные и находящиеся в теле ледника, на нем и под ним); 5) собрать материалы по ледниковым и флювиогляциальным формам рельефа и их соотношениям друг с другом; 6) проанализировать условия возникновения и развития оледенения; 7) собрать данные по динамике движения ледников.

Проведение полевых работ в областях современного оледенения требует альпинистской подготовки и специального снаряжения.

Записи в полевых дневниках должны начинаться с названия ледников, их точного местонахождения, экспозиции, характеристики рельефа, на фоне которого они развиты.

Морфометрическое и морфографическое описание должно включать всестороннюю характеристику особенностей ледников, насыщенную количественными показателями (длина ледника, максимальная, минимальная, средняя ширина, площадь, высота нижнего конца ледника, мощность льда). Для сбора этих данных используют наземные визуальные и инструментальные наблюдения, аэрофотоматериалы, топокарты, геофизические методы и т. д.

Изучают рельеф фирнового поля (области питания ледника) и ледникового языка. Они имеют характерные особенности и разделены фирновой линией, соединяющей точки с равным поступлением и расходом льда. Эта линия определяется по методам, изложенным ниже. Отношение площади фирнового бассейна к площади ледника называется ледниковым коэффициентом [179, 180].

Изучая *фирновое поле*, необходимо описать его форму в плане (образовано оно одним или несколькими цирками или занимает верховья узкой или широкой долины и т. п.), особенности спускающихся к нему склонов, степень их заснеженности, пути снежных лавин (лавинные «лотки»), краевую трещину или бергшрунд, другие трещины, если они наблюдаются на фирновом поле, рельеф фирнового поля («снега кающихся» — выступы фирна и льда, напоминающие фигуры монахов в белых балахонах, возникающие в процессе неравномерного протаивания поверхности фирнового поля, и другие микроформы), геологическое строение фирна (цвет, слоистость, контакты между слоями, условия их залегания, мощности и т. д.).

При исследовании *ледника* описывают, к какому типу он относится (табл. 1), его форму в плане, в поперечном и продольном (по оси) разрезах. Затем переходят к описанию мезо- и микроформ на его поверхности, обусловленных движением ледника (боковые трещины,

* Всесторонним изучением ледниковых тел занимается гляциология. Здесь же они рассматриваются только как объект геоморфологического изучения.

возникающие вследствие замедления движения боковых частей ледника, поперечные трещины на перегибах продольного профиля, ледопады — области густого скопления поперечных трещин, продольные трещины в конце ледника, вызванные его растеканием и др.), обусловленные абляцией (таянием и испарением) ледника (ледниковые столы, ледниковые стаканы, песчаные или ледяные конусы, ледниковые воронки и впадины, огивы — системы валиков и борозд, выступающие при абляции на поверхности льда вследствие его полосчатости и т. д.) или деятельностью талых ледниковых вод (эрозионные русла и ложбины на поверхности и по краям ледника, подледные туннели, вертикальные колодцы, «трубы» и мельницы, созданные талыми водами, стекающими по трещинам и т. д.).

Таблица

**Классификация ледников по морфологическим признакам
и таксономическим категориям**

Комплексы групп типов	Группа типов	Типы ледников
Горные ледники	Склоновые	Снежники Скопления фирна и льда на плоских площадках на склонах и у подножья Висячие Каровые
	Вершинные	Вулканических конусов и горных вершин Кальдер Плоских вершин Норвежского типа
	Долинные	Простые долинные Сложные долинные Древовидные Переметные Возрожденные Туркестанские Дифлюэнтные Подножий
Покровные ледники	Прибрежно-морские	Фиордовые Подножий, спускающиеся в море
	Покровные, континентальные	Покровные аккумулятивных равнин Покровные скульптурных равнин Покровные на горном рельефе
	Покровные, прибрежно-морские	Покровные на архипелаге островов Шельфовые Морские

Детально описывается ледниковый язык: прикрыт ли он моренным плащом или открыт, заканчивается ли он крутым обрывом или постепенно сходит на нет, его форма в плане (фестончатая, лопастная и т. д.), высота языка и его обрыва, наличие трещин (и их ориентировка), гротов, микро-, мезорельеф поверхности языка.

При специализированных наблюдениях над криотектоникой — над формами движения льда, типами создаваемых ими структур и динамикой развития последних — применяют те же методы, что и в структурной геологии, проводя структурно-гляциологическую съемку с составлением специальных структурно-гляциологических или криотектонических карт [78], с показом на них ледниковых антиклиналей, синклиналей, прогибов, куполов, сводов, сдвигов, надвигов, систем трещин, глыбовых структур и других элементов криотектоники.

Одна из важных задач — выявление объективно существующих в природных условиях характерных сочетаний типов ледников, образующих естественноисторические категории гляциальных ландшафтов [446]. Так, например, на Камчатке может быть выделен гляциальный ландшафт оледенения вулканических гор, в котором сочетаются ледники кальдер, каровые, простые и сложные долинные, звездообразные, блуждающие, висячие и др., на Северо-Востоке СССР — гляциальный ландшафт карово-трогового оледенения (хр. Сунтар-Хаята) и др.

Лед и фирн подвергаются изучению как обычные горные породы [471]. Обнажения их описываются; изучается вещественный состав, наличие примесей (минеральных, жидких, газообразных), слоистость, текстурные и структурные признаки и т. д. Мощность льда определяется замерами по обнажениям и трещинам визуально или при помощи геофизических методов. В нужных случаях берут образцы для микроскопического изучения, гидрохимического анализа, анализа примесей и др. Возраст льда определяют в шкале относительного или абсолютного возраста. В последнем случае применяют радиоуглеродный метод. Для получения нужного количества органических остатков необходимо растопить 10—20 т льда [501]. Таким способом был определен возраст образцов льда из Гренландии (от 1370 до 9360 лет).

Тщательному изучению подвергаются морены, как находящиеся в теле ледника или на нем (внутренние, нижние, поверхностные боковые и срединные), так и сформированные в виде валов береговых и конечных морен, а также флювиогляциальные отложения, слагающие зандры и флювиогляциальные террасы. Изучается механический, петрографический и минералогический состав осадков, степень окатанности обломочного материала, формы ледниковых валунов, мощности отложений, условия их залегания и т. д.

Одновременно с изучением вещественного состава отложений описываются и слагаемые ими формы рельефа: моренные валы, флювиогляциальные террасы, барьяны лбы, ригели и т. д. Наиболее сложная задача — изучение погребенных под фирном и льдом форм рельефа: цирков, каров, троговых долин и т. д. Они могут оконтурить-

ваться по заполняющим их льдам, фирну, снегу, по бергшнундам (днища цирков и каров), по боковым и конечным моренам (троговые долины), по срединным моренам (количество которых говорит о количестве слившихся ледниковых языков и, следовательно, троговых долин), по данным геофизических исследований (например, ВЭЗ) и т. д.

На возникновение и развитие оледенения влияют орографический, геоморфологический и климатический факторы [411]. Анализируя первый фактор, необходимо оценить ориентировку изучаемого хребта и его отрогов относительно стран света и воздушных течений, переносящих влагу; определить его положение в общей орографической схеме материка, удаленность от морских бассейнов; имеются ли экранирующие горные хребты, задерживающие осадки; абсолютные и относительные высоты горных сооружений. Необходимо установить, на склонах какой экспозиции наблюдается максимальное развитие ледниковых форм.

Геоморфологический фактор, создающий доледниковый рельеф, определяет тип, густоту и глубину расчленения, характер водоразделов и речных долин, крутизну склонов. Нужно выявить, каким образом характер рельефа влияет на особенности оледенения. Так, например, реликты поверхностей выравнивания на вершинах гор способствуют возникновению ледников норвежского типа или ледников плоских вершин, интенсивно расчлененный рельеф обуславливает карово-долинное оледенение и т. д.

Анализ климатического фактора должен включать рассмотрение системы воздушной циркуляции, путей циклонов, тайфунов, режима выпадения осадков и его количественного выражения, температурного режима и вообще всех тех компонентов климата, которые в той или иной степени влияют на возникновение и развитие оледенения.

Большое значение имеет определение высоты *снеговой границы*, или *нижней границы хионосферы*, — зоны господства отрицательных температур с положительным балансом твердых осадков [180, 247, 411, 412, 471].

С. В. Калесник [179] рекомендует пользоваться следующими указаниями для определения на ледниках *фирновой линии*, которая близка по высоте к снеговой. Фирновая линия лежит там, где: 1) в самый теплый месяц в году на леднике лед сменяется снегом и фирном; 2) выпуклый поперечный профиль переходит в вогнутый профиль фирнового бассейна; 3) исчезают краевые трещины и впервые в верхней части ледника появляются боковые морены.

Известны следующие методы определения *снеговой границы* по точным топокартам: 1) метод Партча («метод вершин»); берут среднее арифметическое между высотами вершин, несущих следы минимального оледенения (небольшие фирновые пятна), и высотами наиболее высоких вершин, не имеющих теперь ни ледников, ни фирна (дает среднюю высоту снеговой линии); 2) метод Брюкнера; основан на вычисленном им примерном соотношении между областью убыли ледника и областью питания, составляющем 1 : 3. На карте определяется та изогипса, которая делит ледник в горизонтальной проекции

в указанной пропорции. Для определения площадей необходимо пользоваться планиметром. Метод разработан для ледников Альп, для других районов необходима проверка его пригодности; 3) метод Куровского; основан на допущении, что на фирновой границе существует равновесие между питанием и таянием ледника и что оба процесса являются линейной функцией высоты. В таком понимании высота фирновой линии соответствует средней высоте ледника. Метод дает преувеличенные оценки; 4) метод Гефера; пригоден для ледников с мало меняющимся поперечным профилем. Высота фирновой линии вычисляется как среднее арифметическое из средней высоты вершин, окружающих фирновый бассейн, и высоты конца ледника; 5) метод Гесса; основан на отыскании на карте на поверхности ледника прямой горизонтали (высота ее отвечает высоте фирновой линии), выше которой другие горизонталы обращены выпуклостью вверх (обрисовывая фирновый бассейн с вогнутой поверхностью), а ниже — выпуклостью вниз (на выпуклом ледниковом языке).

Материалы по динамике ледников собираются путем изучения конечноморенных образований, которые, если есть возможность, необходимо датировать по C^{14} , наблюдений над специально ставящимися для этой цели реперами [179], повторных аэрофотосъемок, топосъемок, фотограмметрических съемок.

Районы древнего оледенения

Формы рельефа, связанные с древним горным оледенением. При геоморфологических исследованиях районов древних горных оледенений основное внимание следует обратить на решение следующих задач: 1) морфометрическое и морфографическое изучение форм рельефа ледникового происхождения; 2) установление количества оледенений и ледниковых стадий, их возраста, характера оледенений, положения древней снеговой границы; 3) выявить значение форм рельефа ледникового генезиса и связанных с ними отложений для решения разного рода практических задач (поисков полезных ископаемых, строительства и т. д.).

Поставленные задачи решаются путем изучения форм рельефа, связанных с древним горным оледенением, и слагающих их рыхлых отложений, а также соотношений этих форм и отложений с формами рельефа и отложениями другого генезиса (синхронными, более древними и более молодыми).

К формам рельефа ледникового генезиса в горах относятся кары, цирки, трогги, морены, флювиогляциальные террасы и др.

Карам называют креслообразные выработанные понижения на склонах гор, не связанные с речными долинами, а *ледниковыми цирками* — верхние расширенные части трогов, в которых располагался ранее фирновый бассейн. Для днищ каров и цирков типичны озера и бугристые накопления морен, а у выхода из них располагаются гряды конечных морен, отмечающие стадии деградации ледников. Изучение каров и цирков необходимо для определения высоты древней снеговой границы. Последняя соответствует линии

перегиба между стенками и дном кара (цирка), так как здесь, в основании бергшрунда, располагалась линия морозного забоя, наиболее активного на снеговой границе. Иногда последнюю рекомендуют проводить по высоте дниц каров и цирков. Диаметры цирков и каров колеблются от первой сотни метров до 4—6 км, а высота стенок — до нескольких сотен метров. Нередко кары располагаются один над другим, образуя «каровые лестницы».

Изучая кары и цирки, необходимо обратить внимание на степень их сохранности, нередко указывающую на их разновозрастность. Размытые или полуразмытые цирки и кары, особенно расположенные в лесной зоне, являются более древними, чем хорошо сохранившиеся, наблюдаемые в гольцовом поясе гор.

В районах с узкими водоразделами кары и цирки, соединяясь задними стенками, нередко образуют *сквозные перевалы и долины*. Остатки стенок иногда сохраняются в виде *карлингов* — пиков трех- или четырехгранной формы.

Изучая *троги*, следует обратить внимание на их длину, поперечный профиль, наличие или отсутствие плеч, борозд сглаживания, оставленных движущимся ледником и позволяющих определить мощность льда. Плечи трога должны подвергаться тщательному изучению. Одни исследователи считают, что плечи трога отражают стадийность развития ледника (А. Филиппсон) или созданы боковыми частями ледника с малой мощностью льда (А. Пенк), другие рассматривают их как остатки древней и более широкой долины, обработанной ледником. Нередко наличие плечей трога рассматривается как свидетельство двукратности оледенения (трог — признак молодого, а плечи трога — более древнего оледенения). Однако многие исследователи отрицают возможность подобной интерпретации. Особенно тщательно надо исследовать рыхлые отложения на плечах трога, так как они могут дать указание на их генезис.

Троговые долины изучаются не только в поперечном, но и в продольном профиле. Описываются *устьевые ступени* — крутые уступы, которыми заканчиваются боковые висячие троговые долины при впадении в главный трог, *ригели*, или *ступени слияния*, — скалистые уступы, возникающие выше слияния долинных ледников вследствие усиливающейся здесь экзарации последних, *бараньи лбы* — отшлифованные скалы на дне трогов, сложенные устойчивыми породами, следы ледниковой штриховки на дне и стенках трогов, указывающие на направление движения льда. Верхняя граница их распространения на стенках трога может указывать на мощность льда.

Нижние затопленные части трогов на берегах моря называются *фиордами*. Они имеют крутые, почти отвесные стенки и заканчиваются подводными порогами [182].

На днищах трогов широко распространены *аккумулятивные ледниковые формы*: холмистая донная или основная морена, гряды береговых, срединных и конечных морен, инверсионные моренные конусы (материал которых накапливался в термокарстовых воронках на поверхности ледника) [476], «террасы оседания» — псевдотеррасы или спроектированные на дно полосы боковых морен, встречающиеся

иногда несколькими ярусами [247], «ярусные долины», вырабатываемые потоками, текущими вдоль краев ледника, «земляные пирамиды», образующиеся в результате размыва морен, и др. Особое внимание следует обратить на расположение конечных морен, фиксирующих максимальное продвижение ледника по долине и стадии его деградации. Нередко выделяется несколько комплексов конечных морен разной сохранности, отвечающих самостоятельным оледенениям.

Склон конечной морены, обращенный вниз по долине, называется *переходным конусом* (рис. 24). Ниже он переходит во флювиогляциальные террасы. При изучении последних необходимо определить их количество, описать морфологические особенности, определить абсолютные и относительные высоты, связь с комплексами конечных морен оледенений или стадий оледенений, соотношения с другими формами рельефа (древними или молодыми речными террасами, террасами оседания, камовыми террасами, «ярусными долинами»).

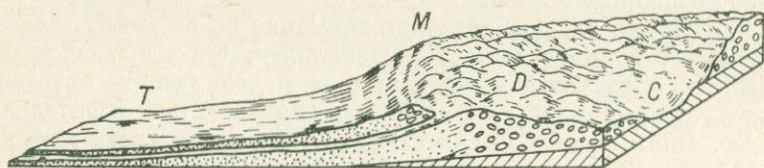


Рис. 24. Ледниковый комплекс, по А. Пенку.

С — конечный бассейн, М — моренный амфитеатр, D — друмлины, Т — переходный конус.

Одновременно с геоморфологическими наблюдениями собирают данные по геологическому строению морен и флювиогляциальных отложений, отбирают серии образцов для анализов (спорово-пыльцевого, минералогического и др.), шлиховые пробы. Особое внимание нужно обратить на определение возраста морен и террас, выявить взаимоотношения моренных и флювиогляциальных отложений с другими генетическими типами отложений, как более молодыми, так и более древними. Необходимо проследить, как меняются высоты морен и террас и их геологическое строение снизу вверх по долине реки, а также изучить взаимоотношения флювиогляциальных террас основной реки с террасами притоков.

На месте ранее существовавших ледников с расширенным концом можно наблюдать *впадины «языковых или концевых бассейнов»*. В настоящее время они заняты окраинными озерами, окаймленными с внешней стороны дугами конечных морен, образующих моренный амфитеатр. Такие бассейны широко распространены в Альпах. В СССР типичным примером языкового бассейна является впадина оз. Большое Токо у северного подножья Станового хребта (Дальний Восток). По результатам изучения форм древнего оледенения можно реконструировать существовавшие в данном районе типы ледников и типы оледенения (см. табл. 1).

Положение *снеговой границы* во время древних оледенений (рис. 25) определяется по карам (см. выше) или по варианту метода Гефера, разработанному Ю. Ф. Чемяковым [445, 446] для трогов, в которых существовали простые долинные ледники. Снеговая граница в этом случае равна среднему арифметическому из средней абсолютной высоты горного окружения верховьев трога (учитывая высоты вершин и перевалов) и отметки подошвы конечноморенной гряды. В полученные цифры нужно вносить поправки на неотектонические деформации, если их возможно оценить.

Сравнивая древние снеговые линии с современной, определяют депрессию снеговой границы во время оледенений. Для определения депрессии снеговой линии Л. А. Варданиц [60] предложил следующую формулу:

$$H_0 = \frac{P}{P_1} \left(H + \frac{K}{2} \right),$$

где H_0 — депрессия снеговой границы; P/P_1 — отношение площади приращения древнего ледника к общей площади древнего ледника; H — разность отметок современной снеговой границы и конца современного ледника; K — депрессия ледника.

Изучая условия возникновения и развития древних оледенений, необходимо проанализировать *орографический, геоморфологический и климатический факторы*, как это указывалось для областей современного оледенения.

Для установления количества и возраста оледенений необходимо использовать геологические и геоморфологические материалы, собранные при изучении ледниковых форм рельефа, их геологического строения, взаимоотношения друг с другом и формами и отложениями другого генезиса и возраста. Наиболее надежные результаты дает изучение ледниковых и межморенных толщ, в результате которого можно установить количество ледниковых, межледниковых и межстадиальных горизонтов и их возраст (для верхнечетвертичных не только относительный, но и абсолютный по C^{14}). Ледники последнего оледенения и эрозия в горах обычно стирают следы всех более древних ледниковых эпох. Поэтому последовательность климатических изменений от ледниковых до межледниковых нередко устанавливается по изучению наиболее полных разрезов, сохраняющихся в межгорных депрессиях и в предгорьях. Так, например, оледенения Альп были реконструированы после изучения ледниковых и флювиогляциальных отложений в предгорной зоне.

При определении возраста форм ледникового генезиса в горах (так же как и в других районах) пользуются методами, описанными в гл. III, палеонтологическими методами, методами абсолютного датирования. В последнее время разработан метод определения возраста морен и межморенных толщ по степени их выветрелости, который успешно применен для датировки морен в Северной Америке. Описание этого способа можно найти в статье Н. Р. Серебряной и Л. Р. Серебрянного [374].

Районы покровного оледенения. При изучении форм рельефа, связанных с древними покровными оледенениями, ставятся следующие

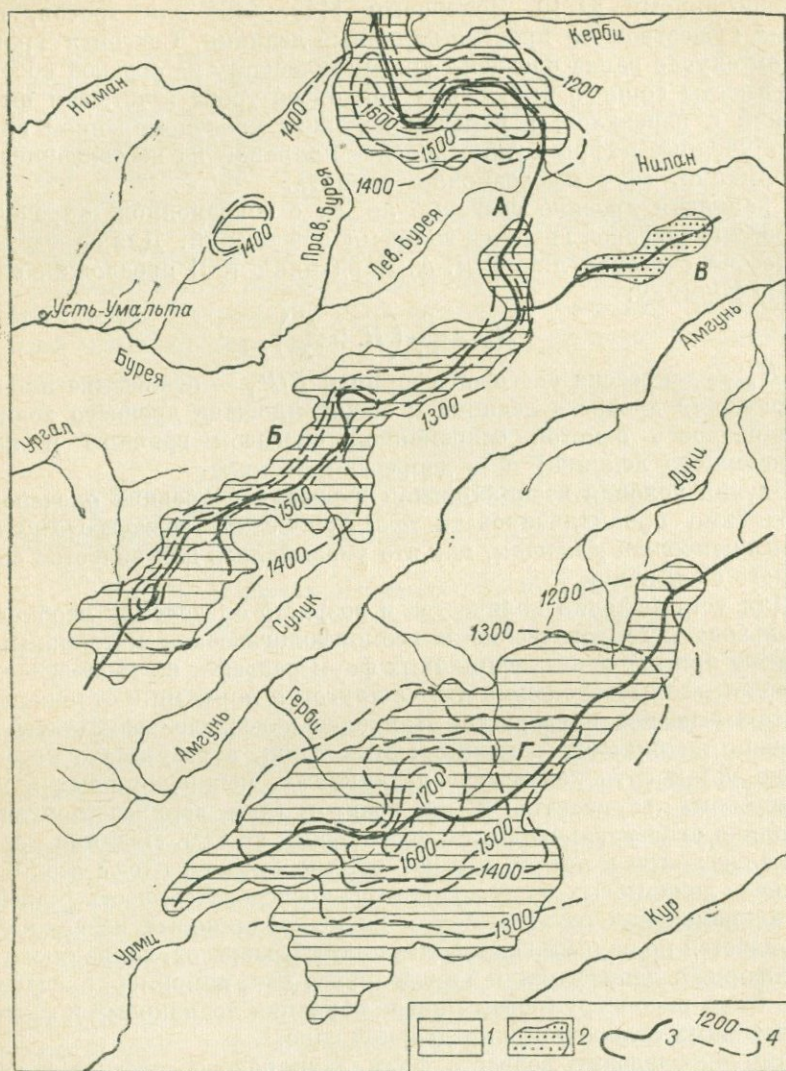


Рис. 25. Схема изохрон (равных высот снеговой линии) в хребтах Дуссе-Алинь, Эткиль-Янканском, Бурейском и Баджалском на Дальнем Востоке СССР, по Ю. Ф. Чемякову [445].

1 — площадь развития каров и троговых долин позднечетвертичного оледенения; 2 — площадь оледенения неустановленного возраста; 3 — осевые линии хребтов; 4 — изохионы эпохи последнего позднечетвертичного оледенения; цифры указывают абсолютные отметки изохион, проведенных с сечением через 100 м.
Хребты: А — Дуссе-Алинь, Б — Бурейский, В — Эткиль-Янканский, Г — Баджалский.

задачи; 1) реконструкция палеогеографических и палеогеоморфологических условий развития покровных оледенений; 2) морфографическое и морфометрическое изучение деструктивных и аккумулятивных форм ледникового и флювиогляциального происхождения; 3) установление количества оледенений, определение их возраста, изучение динамики их развития, выявление стадий и осцилляций; 4) выявление основных этапов истории развития форм рельефа ледникового генезиса; 5) изучение ледниковых и флювиогляциальных форм в связи с решением практических задач (поисками полезных ископаемых, строительством дорог, водохранилищ и т. д.).

Палеогеографические условия времени развития покровных оледенений изучаются с помощью геологических методов (см. гл. II) на основе комплексного исследования ледниковых форм, ледниковых и межледниковых отложений и содержащихся в них органических остатков.

Среди палеогеоморфологических факторов, влияющих на развитие форм ледникового и флювиогляциального происхождения, важны рельеф подстилающей поверхности, новейшие движения и древние геологические структуры.

Доледниковый рельеф определяет характерный «набор» форм ледникового и флювиогляциального происхождения в районах развития денудационных равнин (преобладание экзарационных форм и присутствие аккумулятивных) и аккумулятивных равнин (господство аккумулятивных ледниковых форм, наличие морен напора и т. д.).

Необходимо проанализировать влияние новейших структур на образование описываемых форм рельефа. Наиболее ярко оно сказывалось в том, что области наибольших прогибаний являлись наиболее благоприятными путями для движения ледников в фазу их роста и местами длительного существования пассивных льдов в эпоху дегляциации (деградации оледенения). Поэтому с депрессионными участками доледникового рельефа связано формирование преимущественно аккумулятивного рельефа ледникового генезиса. Положительные структуры, наоборот, являются областями наиболее широкого развития экзарационных форм, морен напора, гляциошарьяжей и краевых ледниковых образований. В пределах депрессионных участков экзарационная деятельность ледников проявлялась довольно интенсивно (гляциодепрессии, «долины выпахивания» и др.). Однако в фазу дегляциации эти экзарационные формы перекрывались аккумулятивными (о чем более детально будет сказано ниже), маскирующими более глубоко лежащие деструктивные ледниковые формы.

Влияние древних геологических структур на формирование форм рельефа ледникового и флювиогляциального генезиса сказывалось лишь в тех случаях, когда они отражались в рельефе доледниковой поверхности. В общих чертах оно аналогично описанному для новейших структурных форм.

Важнейшее значение для формирования описываемого рельефа имела динамика развития ледникового покрова. В фазу роста

последнего на площади его распространения (подо льдом) формировались преимущественно экзарационные формы рельефа, аккумулятивный же рельеф возникал по окраинам покрова. В стадию дегляциации

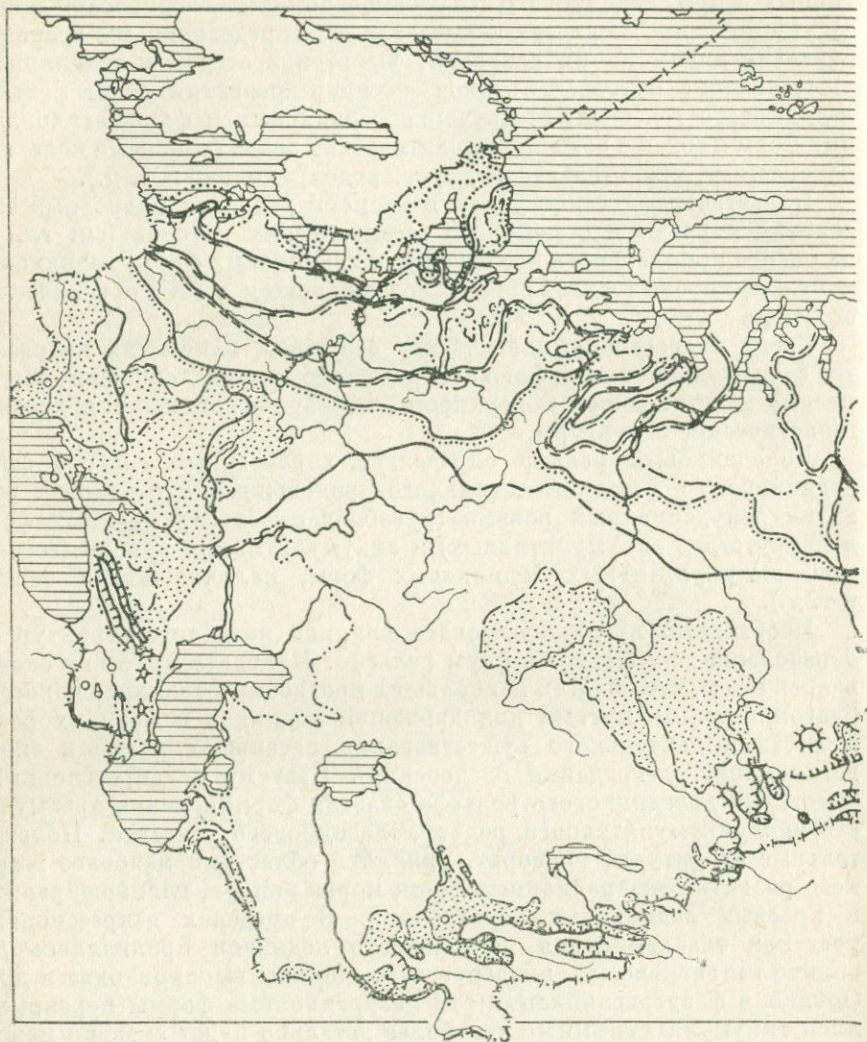
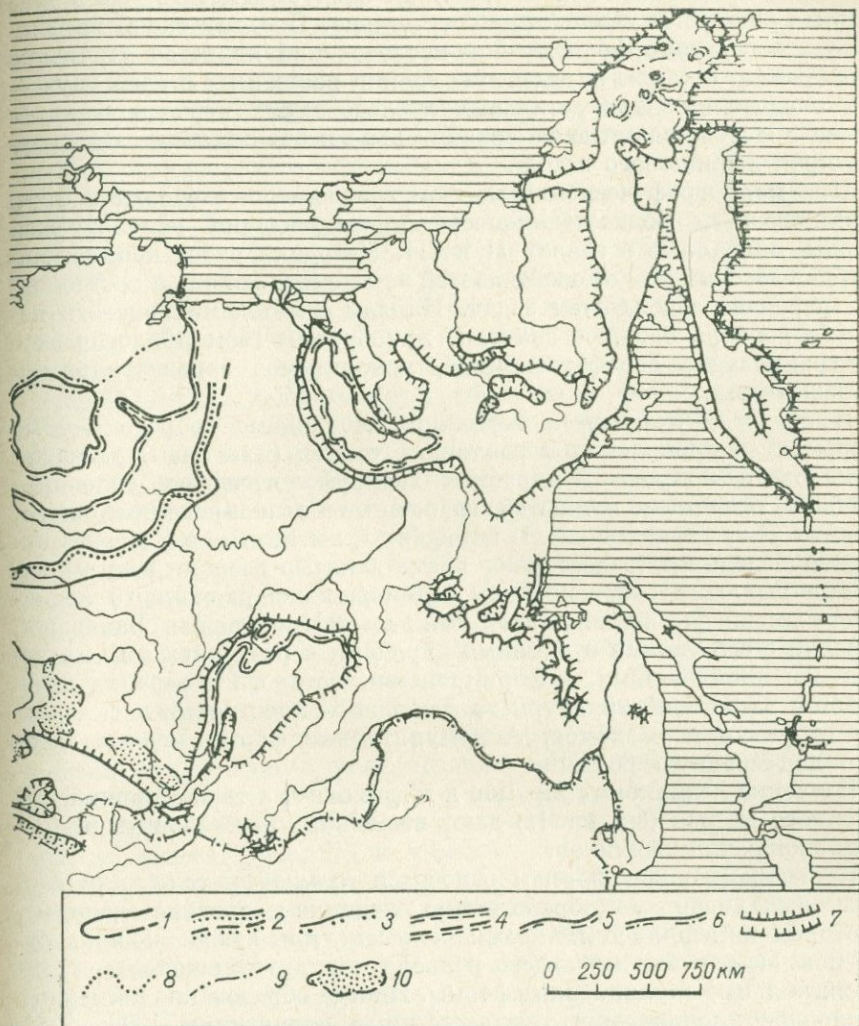


Рис. 26. Карта распространения четвер

Границы оледенений (сплошными линиями — установленные, пунктиром — предполагаемые): тичного (московского, тазовского), 3 — среднечетвертичных в горах, 4 — первого поздние (стадии?), 6 — третьего позднечетвертичного (карельского, сартанского) (стадии?); 7 — гра границы трансгрессий: 8 — поздне- и послеледниковых, 9 — максимального распространения

происходило наложение аккумулятивных форм на ранее образовавшиеся экзарационные. Наиболее древние аккумулятивные формы располагаются на границе максимального продвижения покрова, а наиболее молодые — в центре оледенения, и возраст их соответ-

ствует времени исчезновения льда. Это различие в возрасте и в степени сохранности аккумулятивных форм одного и того же оледенения необходимо учитывать при изучении территорий покровных оледенений.



тичных оледенений на территории СССР.

1 — первого среднечетвертичного (днепровского, самаровского), 2 — второго среднечетвертичного (калининского, зырянского), 5 — второго позднечетвертичного (валдайского) нищи максимального распространения верхнечетвертичных горно-долинных оледенений; четвертичных трансгрессий; 10 — районы распространения лёсса и лёссовидных пород.

Степень сохранности форм ледникового и водно-ледникового происхождения прямо пропорциональна их возрасту: чем моложе, тем лучше они сохранились. На территориях, где последним было Днепровское оледенение (север Украины), ледниковые формы почти

уничтожены, сохранились лишь отложения, сформировавшиеся в эту ледниковую эпоху.

Границы разновозрастных оледенений на территории СССР показаны на прилагаемой схеме (рис. 26). Следует отметить, что в ряде районов они установлены приблизительно. Поэтому одной из важнейших задач геоморфологических исследований является уточнение этих границ, а также определение границ различных стадий изучаемых оледенений. При детальном исследовании нередко ставится задача прослеживания даже сравнительно незначительных осцилляций края ледникового языка.

При морфографическом и морфометрическом исследовании форм ледникового и водно-ледникового происхождения используются методы, описанные в главах II и III. Методика работ конкретизируется в зависимости от особенностей изучаемого района и поставленных перед исследователем задач. Наряду с методами полевого изучения рельефа большое значение приобретает геоморфологическое дешифрирование аэрофотоснимков, дополняемое аэровизуальными наблюдениями.

В областях *ледниковой экзарации* необходимо собрать данные о формах ее проявления в различные стадии (или фазы) развития ледникового покрова и в разных геоморфологических условиях. Наиболее типичными являются сглаженные и отполированные скалы, бараньи лбы, курчавые скалы и ложбины, вытянутые в направлении движения ледника (в настоящее время занятые озерами или выполненными рыхлыми отложениями). Примером экзарационного ледникового ландшафта является *сельговый рельеф* Приладожья, Заонежья, Карелии с его узкими и длинными грядами и разделяющими их узкими же понижениями, в формировании которого экзарация сочеталась с влиянием структурного фактора — простиранием складчатых структур и разломов. Аккумулятивные формы играют здесь явно подчиненную роль.

Изучение ледниковых шрамов и штриховки, а также применение валунного метода (см. гл. II) дают возможность установить направление движения ледников.

К экзарационным формам относятся *гляциодепрессии*, или «долины выпаживания» (обработанные ледником древние долины), в которых помещались *ледниковые лопасти*, или *языки*. Межлопастные повышения подстилающего рельефа могут рассматриваться как положительные скульптурные формы. Иногда образование последних обусловлено локальными тектоническими поднятиями [209, 408]. Характерной скульптурной формой являются *друмлины* — продолговатые холмы, сложенные мореной и вытянутые по движению ледника; встречаются обычно в виде значительных скоплений, образуя *друмлинный ландшафт* [476]. Иногда друмлины имеют возвышенное ядро из коренных пород. Считают, что друмлины — аналог «бараньих лбов» в моренных толщах (по другой гипотезе их образование связывают с продольными трещинами в теле льда, заполнением их кластическим материалом и затем сглаживанием его движущимся льдом).

Особенное внимание следует обратить на описание *зоны краевых ледниковых образований*, формирующихся при задержках или остановках края ледника (сопровождавшихся нередко осцилляциями). Благодаря лопастному строению края ледника они в плане имеют вид сочленяющихся друг с другом гирлянд. Здесь широко развиты: 1) формы, связанные с деформацией подстилающей поверхности, гляциодислокации в виде напорных морен (гряд, сложенных местными породами с примесью моренного материала, параллельные фронту ледника), гляциошарьяжей, гляционадвигов и, если материал надвига или шарьяжа отрывается от места своего первоначального расположения и передвигается ледником нередко на значительное расстояние, — ледниковых отторженцев; 2) формы аккумулятивного ледникового рельефа — валы конечных морен вдоль фронта ледника, разделенные межгрядовыми понижениями, нередко заболоченными, занятыми озерами или долинами рек, береговые (или межлопастные) морены, расположенные между лопастями древних ледников; моренные массивы — грядово-холмистый моренный рельеф, располагающийся между ледниковыми лопастями; 3) формы скульптурного ледникового рельефа — гляциодепрессии под краевыми моренами и межлопастные повышения подстилающего рельефа; 4) формы, образование которых связано с тальми ледниковыми водами — а) радиальные (расположенные по направлению движения ледника) и маргинальные озы — гряды шириной до 100—200 м, иногда расширяющиеся до 2—3 км (озовые центры), нередко имеющие вид террасы, местами переходящие в камовые террасы или заканчивающиеся плоскими дельтами; сложены горизонтально залегающими песками с косою слоистостью, гравием, галечником (насыпные озы), иногда содержат ядро из валунной глины (выдавленные озы). Образование их связано с потоками талых ледниковых вод по леднику, внутри него или под ним (по Де-Гееру, озы — слившиеся озовые центры или конусы выноса потоков, образующиеся ежегодно при отступлении края ледника); б) камы (округлые холмы, сложенные слоистыми песками, супесями, суглинками, с тонким моренным чехлом сверху) (рис. 27) и камовые террасы на склонах холмов (возникающие при деградации ледникового покрова в результате аккумуляции в расширениях подледных каналов, в приледниковых и надледниковых озерах или в руслах флювиогляциальных потоков); в) абразионно-аккумулятивные террасы озерно-ледниковых водоемов; г) фрагменты озерных равнин; д) зандровые поля, долинные зандры в пределах зоны краевых образований; 5) формы криогенного происхождения (термокарстовые воронки, западины и др.); 6) формы солифлюкционного происхождения (солифлюкционные террасы, валы и т. п. на склонах перечисленных выше форм).

Зона краевых ледниковых образований разделяет области дегляциации и перегляциальную. В каждой из них развиты специфические формы рельефа, которые и подвергаются изучению.

В области дегляциации рельефообразование связано преимущественно с пассивным льдом и деятельностью талых ледниковых вод. Здесь типичен холмисто-моренный рельеф ландшафта основной

морены, образующий нередко обширные моренные равнины с бессточными впадинами, занятыми озерами и болотами. Среди них широко распространены формы, связанные с тальми ледниковыми водами: озы, камы, камовые террасы, участки озерных равнин и террас, флювиогляциальные террасы, а также формы термокарстового происхождения (воронки, просадки, западины и др.) (рис. 28).

В перигляциальной области детально описываются задровые равнины, древние материковые дюны, равнины на месте краевых

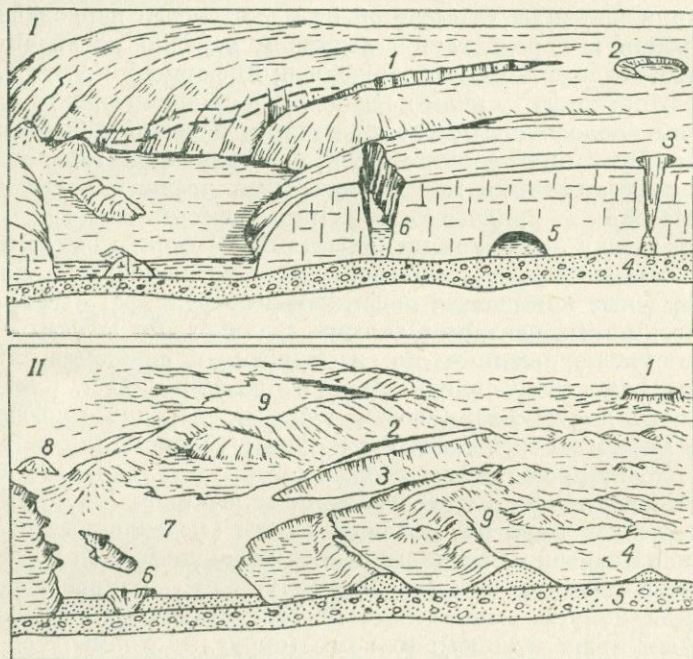


Рис. 27. Происхождение озоз и камов, по А. К. Лобеку.

I — район, занятый неподвижным льдом: 1 — трещина, 2 — ледниковое озеро; 3 — мельница; 4 — валунный суглинок; 5 — туннель; 6 — заполненная трещина. II — тот же район после таяния льда: 1 — отложения ледникового озера; 2 — заполненная трещина; 3 — камовая трещина; 4 — кам, образованный ледниковой мельницей; 5 — валунный суглинок; 6 — впадина; 7 — задровая равнина; 8 — камы; 9 — озы.

(маргинальных) предледниковых плотинных озоз, древние краевые маргинальные долины стока талых вод ледника, моренные и намывные террасы, каменные моря, солифлюкционные формы рельефа, трещины, полигональные мезо- и микроформы, криотурбации.

Перечисленные выше скульптурные и аккумулятивные положительные и отрицательные формы подвергаются тщательному морфологическому изучению не только в качественном, но и в количественном отношении. Изучаются единичные формы, группировки однотипных и разнотипных форм, типы палеогеоморфологических ландшафтов, соотношение форм и их группировок друг с другом. Следует выяснить роль рельефа подстилающей поверхности (древнего

рельефа) и роль неотектонических движений и структур в формировании ледниковых форм. Если наблюдается зональность в развитии последних, необходимо закартировать ее. Описываются послеледниковые наложенные формы, их генезис, степень развития и степень сохранности ледниковых форм. Для решения вопроса о количестве оледенений детально изучаются выявленные зоны краевых ледниковых образований, степень их изменения последующими процессами,

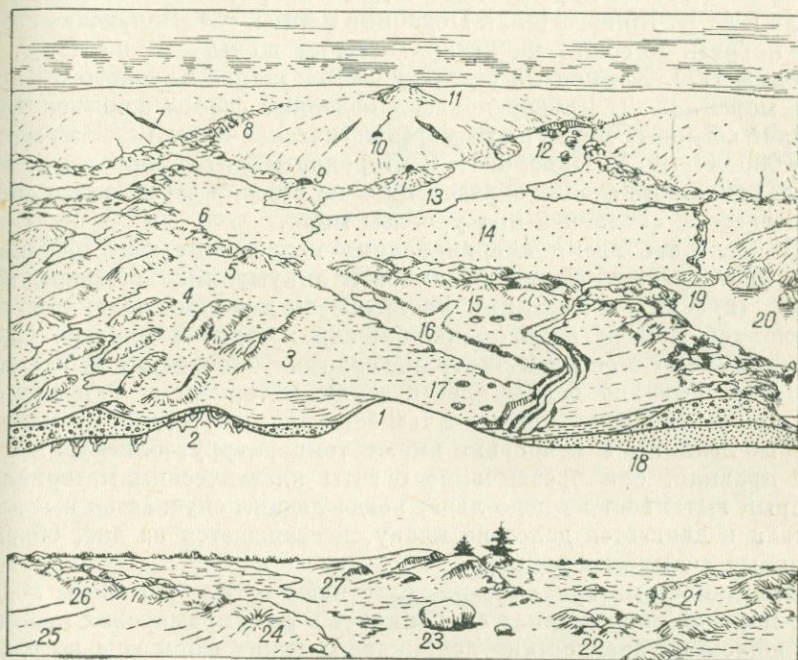


Рис. 28. Различные формы ледникового рельефа на равнинах, по А. К. Лобеку.

1 — бараний лоб; 2 — друмлины в коренных породах; 3 — оз., пересекающий друмлины; 4 — друмлины; 5 — морена отступления; 6 — основная морена; 7 — трещина; 8 — внутренняя морена; 9 — туннель; 10 — мельница; 11 — нунатак; 12 — льды; 13 — краевое озеро; 14 — днище ледникового озера; 15 — морена отступления; 16 — ложбина стока ледниковых вод; 17 — зандры с западинами; 18 — древние ледниковые отложения; 19 — ледниковая дельта; 20 — айсберги; 21 — озы; 22 — камы; 23 — валун; 24 — котловина; 25 — зандры; 26 — конечная морена; 27 — бараны лбы.

изучаются геологические разрезы, вскрывающие моренные и межморенные толщи, и из них берутся серии образцов для датировок отложений (по C^{14} и другими методами) и для палеонтологического обоснования разрезов.

Изучаются рыхлые отложения, слагающие аккумулятивные формы рельефа; выявляются особенности вскрываемых в них отложений, их генетические типы, условия залегания, слоистость, механический, петрографический и минералогический состав. Особенно тщательному изучению подвергаются валуны. Описываются их размеры,

петрографический состав, степень окатанности, ориентировка длинных осей, наличие штриховки. Выявляются руководящие валуны, по которым можно установить пути движения ледника.

Проблема ледниково-морских форм

Образование холмисто-бугристого рельефа в результате аккумуляции айсберговой морены описали для шельфа Антарктики А. П. Лисицын и А. В. Живаго [232]. Подобные формы, напоминающие конечные морены, описаны на антарктическом шельфе также П. С. Вороновым [77]. Холмистый рельеф известен на дне Карского и Баренцева морей. В. Д. Дибнер показал подобные формы в пределах акваторий северных морей на геоморфологической карте СССР масштаба 1 : 5 000 000 [99]. Однако П. С. Воронов и В. Д. Дибнер считают, что описываемые формы образовались на суше, а затем в результате трансгрессии оказались под уровнем моря.

В последнее время американскими исследователями [486] описаны своеобразные формы ледниковой аккумуляции в водных бассейнах (пресных и морских). Различаются два типа ледников, спускающихся в воды какого-либо бассейна: сухие и мокрые. Сухие ледники имеют в основании отрицательную температуру и, как правило, чрезвычайно бедны кластическим материалом. Они практически не откладывают морены в том бассейне, в который опускаются. Мокрые ледники в основании имеют температуру, близкую к 0° С. Как правило, они чрезвычайно богаты кластическим материалом, который вытаивает из-под льда, когда ледник спускается в водный бассейн и двигается далее на плаву, и осаждается на дне, образуя неровный холмистый рельеф.

Имеющиеся материалы свидетельствуют о том, что следы ледниково-морской аккумуляции сохранились в ряде приморских районов. К сожалению, диагностика ледниково-морских форм еще не разработана в такой степени, чтобы их распознавание было безошибочным. Именно это обстоятельство и является причиной возникновения дискуссии о происхождении рельефа равнин севера Евразии. Некоторые исследователи считают, что рельеф этих районов создан во время морских трансгрессий [177], а большинство исследователей рассматривают рельеф этих территорий как следствие покровных оледенений.

Изучая холмистый рельеф с предположительным ледниково-морским происхождением, необходимо применить комплекс геоморфологических и геологических методов. На ледниково-морское происхождение могут указывать следы абразионной деятельности, которые неизбежно должны были остаться на склонах холмов во время регрессии: абразионные уступы, древние клифы, древние береговые линии, часто фиксируемые скоплениями валунов, а также сочленение (фациальные переходы) мореноподобных отложений с типично морскими отложениями, наличие остатков морской фауны, залегающей *in situ*, и т. д. Необходимо послойно изучать разрезы, выделяя в них слои морских и континентальных отложений.

МЕРЗЛОТНЫЙ (КРИОГЕННЫЙ) РЕЛЬЕФ

Процессы морфогенеза и формы рельефа, связанные с развитием и исчезновением мерзлоты, называются мерзлотными или криогенными. Различают многолетнюю («вечную») мерзлоту, существующую более 2—3 лет, и сезонную. Территорию развития многолетней мерзлоты часто, вслед за В. Ф. Тумелем [419], называют областью подземного оледенения.

Комплексным изучением сезонно- и многолетнемерзлых пород ведаёт самостоятельная наука, основанная М. И. Сумгиным, — общее мерзлотоведение (геокриология). Её основы и методы изложены в книгах [129, 316, 322].

Наиболее полная классификация рельефообразующих мерзлотных процессов предложена Б. И. Втюриным [80]. Она принята в данном разделе, но с тем отличием, что формы и типы рельефа подразделяются по трем группам ведущих процессов: 1) вызванных промерзанием пород (морозное выветривание, пучение, морозная сортировка), 2) связанных с колебаниями температур в мерзлых породах (морозобойное трещинообразование), 3) связанных с протаиванием мерзлых пород (солифлюкция, термокарст и др.). Кроме того, необходимо различать процессы, проявляющиеся многократно (сезонные) или всего один или несколько раз, но действующие длительное время.

Определенную последовательность развития рельефа в процессе возникновения, существования и деградации многолетней мерзлоты следует именовать мерзлотным циклом рельефообразования.

Формы и процессы рельефообразования, обусловленные промерзанием пород

Процесс превращения воды в лед сопровождается увеличением объема на 9,07% и возникновением давления до 15—16 (в незамкнутой системе) и 2000—2500 кгс/см² (в замкнутом пространстве). В рыхлых породах это приводит к увеличению их объема, пучению и поднятию земной поверхности. Мерзлотный морфогенез подобного типа наиболее распространен на равнинах, сложенных рыхлыми породами и значительно обводненных.

В скальных породах горных стран, значительно менее обводненных, под влиянием замерзания воды в трещинах происходит главным образом морозное выветривание.

Промерзание плотных пород. Различают формы деструктивные, аккумулятивные и смешанные. Они возникают в результате морозного выветривания, передвижения обломков с помощью ледяных кристаллов или без них, вымораживания и морозной сортировки.

Деструктивные, или вырезные, формы представлены желобами, карнизами, нивальными нишами, уступами морозного забоя, нагорными террасами, карами и останцовыми формами (болваны, столбы, кекуры, кигилляхи). При изучении этих форм кроме морфологической их характеристики (размеры, крутизна склонов, морфография)

нужно отмечать степень разрушенности, абсолютные высоты расположения, экспозицию склонов, наличие (или отсутствие) многолетней мерзлоты и современных скоплений снега, возможную связь морфологических особенностей с характером горных пород, отношения к геологическим структурам (складчатым и разрывным) и т. д. Анализ соотношения абсолютных высот и степени сохранности форм, с одной стороны, и положения современной снеговой линии, с другой, позволяет определить, являются ли они реликтовыми или образуются в настоящее время.

Для поисковых целей или морфоструктурного анализа необходимо установить, не связаны ли наблюдаемые формы с разломами или трещиноватостью (карнизы, ниши, кары и др.), с выходами устойчивых вулканогенных пород или пластов осадочных пород в сводах антиклиналей (болваны, кекуры и др.).

Небольшие уступы, карнизы или желобоподобные углубления на склонах являются начальными формами выветривания. Часто они приурочены к трещинам, разломам или контактам пластов различной устойчивости. Уступы морозного забоя имеют высоту до первых метров, крутизну более 30° (меняющуюся в зависимости от характера пород); к ним примыкает полого наклоненная площадка. Нивальные ниши достигают в поперечнике нескольких метров — первых десятков метров, а в более поздних стадиях — сотен метров; с появлением в них многолетних снежников они переходят в кары.

Если морозный забой отступает широким фронтом, образуются нагорные террасы, которые имеют длину до сотен метров, ширину до нескольких десятков метров и уступы высотой до десятка метров. При интенсивном поступлении материала с морозных забоев поверхности отдельных террас нередко засыпаются щебнисто-глыбовым материалом и образуется смешанная нагорная терраса. Иногда подобные террасы опоясывают конусообразные вершины с морозными забоями, уступы которых покрыты глыбами. Подобные вершины в области развития траппов Сибирской платформы получили название «ириктикон» (от эвенкийского — муравейник). Отступление уступов морозного забоя приводит к образованию тумпов — вершин усеченной конической формы. Их плоские поверхности являются чаще всего реликтами нагорных террас. При дальнейшем разрушении тумпов возникают останцы выветривания (столбы, кекуры, болваны, кигилляхи), иногда образующие «городки останцов». Уступы морозного забоя наиболее активно отступают при большом количестве переходов температуры через 0° С.

Аккумулятивные формы, обусловленные морозным выветриванием, представлены каменными морями, курумами, каменными реками, каменными глетчерами.

Каменные моря образуются в результате многократного промерзания и протаивания плотных пород на плоских водоразделах, бронированных устойчивыми породами (например, траппами) или сложенных гранитоидами и другими породами. При этом крупные обломки и глыбы выжимаются из вмещающего их мелкозема наверх, образуя глыбовый микрорельеф.

Курумы, каменные реки и каменные глетчеры относятся к подвижным формам и образуются на склонах. Курум — каменная россыпь, располагающаяся ниже участков интенсивного морозного выветривания. Движение курумов происходит в результате процессов морозного сдвига (при промерзании вод под глыбами), формирования ледяных стебельков, солифлюкционного движения мелкозема, гравитационного перемещения. В результате бокового «сжатия» потока возникают продольные валы, а при торможении — поперечные валы. Курумы оканчиваются уступами высотой 2—8 м, нередко их концы имеют форму языков.

Каменные реки (потоки) приурочены к долинообразным понижениям на склонах; иногда они занимают верховья долин. Двигаются они неравномерно: в осевой части быстрее. Поэтому валы, наблюдающиеся на поверхности, изогнуты вниз по течению. Каменные реки заканчиваются обычно дугобразными крутыми уступами высотой 2—10 м. В движении каменных потоков, по-видимому, важную роль играют льды наледного характера, образующиеся в результате замерзания дождевых вод под глыбовыми россыпями. Длина каменных потоков достигает нескольких километров, а ширина — сотен метров.

Каменные глетчеры — скопления крупнообломочного материала на продолжении современных ледников и в троговых долинах. Иногда так называют и глыбовые потоки из крупных нивальных ниш и каров. Они близки к описанным выше, только глыбовый материал здесь часто цементируется льдом.

Изучение описываемых аккумулятивных форм следует начинать с исследования их морфологических особенностей, переходя затем к характеристике слагающего их материала, рельефа областей питания и их геологического строения, географических (климата, процессов выветривания, экспозиции склонов, степени увлажненности и т. д.) и геоморфологических условий (особенности тех крупных элементов рельефа, на которых развиваются описываемые формы), стадии развития, а для реликтовых форм — степени и характера их сохранности.

С сезонными промерзаниями связано изменение микрорельефа глыбовых образований. Когда мелкозем, подстилающий глыбы, достигает значительной мощности, в результате дифференциации глубины летнего протаивания под глыбами и последующего промерзания между ними на поверхности образуются глинистые пятна. Диаметр их редко превышает 1—1,5 м (обычно меньше). Пятнистая глыбовая россыпь отличается от трещинно-полигонального микрорельефа неодинаковыми размерами пятен, а также тем, что последние не связаны с трещинами.

Промерзание рыхлых пород. В процессе морфогенеза, связанного с промерзанием рыхлых пород, ведущую роль играет пучение. При пучении мерзлые породы растягиваются, изгибаются, местами разрываются, образуя трещины напора [117] или пучения [38, 40]. Совокупность этих деформаций именуют криотектоникой. Последняя наблюдается при возникновении как многолетней, так и сезонной

мерзлоты. В первом случае пучение называют первичным, во втором — сезонным. Наиболее активному пучению подвергаются поверхностные горизонты, так как максимальная льдистость эпигенетически промерзших пород наблюдается на глубине 0—30 м. Считается, что пучение, отражающееся на поверхности, может быть следствием льдообразования, происходящего на глубинах до 100 м, так как давление промерзающей породы (по Тейберу) составляет 15—16 кгс/см², что достаточно для подъема столба породы высотой 100 м. При протаивании величина осадки пород близка к суммарной мощности ледяных прослоев, достигающей иногда 30% мощности породы [26].

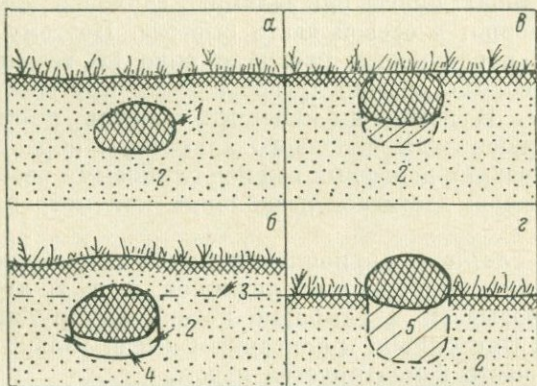


Рис. 29. Механизм вымораживания.

а — положение обломка 1 до промерзания мелкозема 2; *б* — положение обломка после частичного промерзания; поверхность мелкозема от старого положения 3 переместилась вверх; примерзший обломок приподнят и под ним образовалась полость 4, в которую перемещается мелкозем; *в* — после протаивания поверхность переместилась вниз, а обломок остался на месте; *г* — после многих циклов промерзания—протаивания обломок выведен на поверхность, под ним толща мелкозема 5, который заполнял ежегодно возникавшие полости.

При сезонном пучении широко распространены явления вымораживания (рис. 29) — постепенного выведения на поверхность крупных предметов, находящихся в грунте (глыб, обломков пород, валунов, столбов, свай, бревен и т. д.). Выпучивание свай, столбов и т. д. вызывает перекашивание и деформации мостов, зданий и других сооружений. Вымороженные на поверхность обломки позволяют судить о породах, подстилающих рыхлые осадки или включенных в рыхлые толщи.

Другие широко распространенные формы — пучины или пологие вздутия поверхности промерзших пород. Они возникают в результате сезонного промерзания, имеют высоту 1—1,5 м, площадь не более десятка квадратных метров и образуются в местах переувлажнения пород. Нередко они появляются на полотне дорог, на аэродромах, у подножия склонов, на днищах и в устьях балок и логов. Весной при протаивании мелкозем со вздутий сносится. При многократном повторении этого процесса на месте пучин возникают микродепрессии типа «степных блюдец».

Детальному изучению должны подвергаться широко распространенные *сезонные бугры пучения*. Среди них различают: а) образующиеся вследствие промерзания пород, происходящего с подтоком вод к фронту промерзания; б) возникающие без подтока вод извне.

Бугры пучения с подтоком вод на выходах восходящих источников имеют высоту до 1 м и диаметр до 10 м. После протаивания на их месте остаются овалы озера, обрамленные невысоким кольцевым повышением. Эти бугры и озера являются индикаторами выходов подземных вод.

Бугры пучения, связанные с подтоком надмерзлотных вод, достигают 100 м в поперечнике при высоте до 2—3 м. Они образуются вследствие промерзания надмерзлотных потоков под руслами, на болотах. На их поверхности наблюдаются трещины напора шириной до 0,5—0,75 м. Нередко изливающиеся из них воды образуют наледи. После протаивания на месте бугров возникают озера.

Сезонные бугры, образующиеся без подтока вод, характерны для болот, в особенности торфяных. Они состоят из линз и прослоев сегрегационного льда, переслаивающихся с прослоями торфа или минеральной породы. После протаивания образуется небольшое понижение, не всегда заполненное водой.

Мерзлотные сальзы, также возникающие без подтока, — это бугры высотой до 1 м и диаметром 1—3,5 м, напоминающие вулканчики с небольшим кратером — понижением, из которого вытекает грязь. Они образуются осенью по берегам озер и на болотах в результате смыкания мерзлоты, возникающей в сезонноталом слое, с многолетней. После разморозки на месте сальзы остается глинистое пятно в впадине посередине.

При полевых исследованиях наблюдения над буграми пучения должны быть в основном направлены на установление генезиса форм и их связи с источниками вод.

Наледи могут рассматриваться как результат процессов сезонного мерзлотного рельефообразования. Они образуются главным образом в области развития многолетнемерзлых пород, но встречаются и южнее. Различают наледи поверхностных вод, грунтовых вод и смешанного происхождения. Первые связаны с водами рек и озер (наледи русловые, береговые и др.). Значительные по размерам наледи обусловлены выходами подмерзлотных вод или вод глубинных горизонтов. Возникновение смешанных наледей обусловлено выходом вод глубоких горизонтов в реку, они являются обычно наиболее крупными. К концу лета наледи исчезают, однако некоторые из них не успевают растаять и остаются на следующую зиму.

На месте наледей формируются так называемые *наледные поляны*. Для них характерно отсутствие деревьев, запаздывание в развитии травянистой растительности, обилие неразложившихся остатков прошлогодних трав, а также следы временных русел. На поверхности наледных полян нередко наблюдаются формы сезонного пучения и реликты бугров в виде западин и озерков.

В образовании *многолетних наледей* (тарынов) нет принципиальных отличий от сезонных. Они обычно представлены наледями смешанного характера и приурочены к участкам долин, где имеются обильные выходы подземных вод (вблизи зон разломов и других тектонических нарушений). Объемы льда в гигантских многолетних наледях достигают миллионов кубических метров и обновляются в течение 2—3 лет.

При полевых исследованиях необходимо изучать все наледные явления, следы их сезонного образования, реликтовые наледные поляны, заболоченные части долин, фуркации, вызванные наледями, и т. д. Путем сопоставления известных данных о гидрогеологическом режиме района полевых наблюдений, анализа аэрофотоснимков устанавливается связь наледей с восходящими источниками и приуроченность их к обводненным тектоническим зонам. При разведочных и поисковых работах анализ наледной обстановки может дать представление о расположении обводненных тектонических линий, путях и направлении миграции вод, что важно при поисках полезных ископаемых геохимическим методом. При поисках россыпных месторождений следует обращать внимание на наледные поляны, которые маркируют места изменения *продольного профиля* реки и иногда повышенного накопления аллювия.

При первичном пучении многолетнемерзлые толщи формируются длительное время, достигая мощности сотен метров. Однако рельефообразующее значение имеет пучение первых 20—30 м (максимум 100 м) осадков. Величина пучения зависит от мощности, состава и увлажненности пород. В результате промерзания возникает первичное пучение, первичный мерзлотный рельеф в виде пологих округлых поднятий и открытых или замкнутых депрессий.

Процессом первичного пучения обусловлены различные типы крупноблочного рельефа. Он представлен плосковершинными округло-тетрагональными холмами — блоками размером от 50 до 200 м (реже 500 м и более) в поперечнике, отделенными друг от друга ложбинами стока с плоскими заболоченными днищами, иногда преобразованными в речные долины. Депрессии, разделяющие блоки, образуют в плане сеть тетрагонального рисунка. А. И. Попов [320] связывал их образование с морозобойной трещиноватостью. Однако приуроченность только к возвышенным областям, воздымающимся при первичном пучении, и радиально-концентрическое расположение указывают, что образование крупноблочного рельефа определяется трещинами пучения или напора, которые в результате солифлюкции и термокарстовых процессов преобразуются в ложбины стока, речные долины или озера. В зависимости от того, каким путем происходит разработка трещин напора, образуются различные типы крупноблочного рельефа — термокарстовый, солифлюкционный или эрозионный, морфологические особенности которых описаны М. Н. Бойцовым [40].

Деградация мерзлоты приводит к снижению поверхности равнины, но своеобразный облик рельефа иногда долго сохраняется в реликтовом состоянии, хотя депрессии становятся менее глубокими,

а часто и полностью заболачиваются. На принадлежность рельефа в прошлом к крупноблочному тогда указывают лишь угловатые абрисы болот и сухих пространств и дугообразно и коленчато изогнутые долинки водотоков.

Можно предполагать, что при повторном формировании многолетнемерзлых толщ и пучения пород поверхности многих депрессий, занятых болотами или заболоченными водотоками, имеют большие амплитуды пучения (по сравнению с сухими дренированными поверхностями бывших блоков) и будут представлять повышенные пространства с сетью радиально-концентрических трещин напора. Иными словами, будет происходить частичная или полная инверсия рельефа, названная агградационной [38]. На мелких линейных ложбинах могут возникнуть гряды, а на болотах — так называемый плоскобугристый рельеф.

При полевых работах на равнинных пространствах, сложенных многолетнемерзлыми породами в настоящее время или в прошлом, следует уделять внимание изучению крупноблочного рельефа и его разновидностей. Кроме морфометрических и морфографических характеристик и описания микрорельефа и современных морозных процессов, происходящих на поверхности, необходимо установить область распространения этого типа рельефа, чтобы оконтурить территорию, испытавшую заметное первичное пучение. Описывают также характер сети трещин напора и предполагаемое расположение участков, испытавших наибольшие амплитуды пучения. Можно составлять специальные схемы, на которые следует наносить длинные и короткие оси всех депрессий. В конечном итоге создается схематическое представление о сети трещин. Этой работе может помочь анализ аэроснимков. Следует установить, к какому типу относится изучаемый крупноблочный рельеф (термокарстовому, солифлюкционному, эрозионному), не наложены ли на него специфические особенности, обусловленные повторным промерзанием пород. В южных частях многолетнемерзлой зоны большой интерес представляют наблюдения за следами протаивания пород и переустройством рельефа. Эти наблюдения помогают установить генезис реликтового крупноблочного рельефа.

Локальное пучение проявляется как при первичном промерзании, так и при промерзании таликов. В последнем случае оно наиболее интенсивно. В результате локального пучения возникают бугры пучения, образующиеся как без подтока воды извне, так и с подтоком. При промерзании замкнутых таликов возникают положительные формы рельефа в виде округлых вздутий, серповидных и иных гряд (озоподобные пинго) и бугры, названные А. И. Животовской в 1955 г. продольными, которые образуются при промерзании талых пород по берегам озер. При промерзании замкнутых таликов под термокарстовыми озерами формы котловин меняются, возникают серповидные, кольцевые, треугольные озера.

Промерзание талых пород приводит к изменению высоты и наклона террас и образованию валов или дамб по берегам русел.

Бугры пучения, связанные с промерзанием переувлажненных пород (чаще всего торфяников) без подтока воды, первоначально не отличаются от сезонных бугров пучения. Очертания их разнообразны, но чаще овальные; длинная ось иногда ориентирована перпендикулярно к северу; высота достигает 3—8, в редких случаях 10—12 м, поперечники от 5—10 до 20—25 м. Они встречаются единично и группами. Иногда вся поверхность болот покрыта буграми (бугристые болота) высотой 3—4 м, перемежающимися с обводненными депрессиями, заполненными талым торфом. В некоторых буграх наблюдается льдистое минеральное ядро, но без крупных включений льда. Многолетнемерзлые породы бугра сливаются с многолетнемерзлыми породами, подстилающими торфяник, или не достигают их («плавающие бугры») [112].

Бугры, возникающие без подтока вод к фронту промерзания, встречаются не только на торфяниках, но и в областях развития минеральных пород, например, в поймах рек, на месте промерзших старичных озер, где бугры иногда имеют озоподобный облик. Процессы бугрообразования, особенно на болотах, изучены пока еще недостаточно хорошо. По-видимому, некоторые бугры образуются как из-за перераспределения влаги в торфяниках, так и из-за ее подтока к фронту промерзания под давлением, которое может возникать при промерзании обводненного торфа в замкнутом пространстве.

Пучение при промерзании с подтоком вод к фронту промерзания под давлением имеет место в районе восходящих источников подземных вод и замкнутых подозерных таликов. В первом случае возникают бугры пучения, называемые *гидролакколитами*. Они характерны для горных районов, где мощность многолетнемерзлых пород невелика, а грубый состав рыхлых осадков дает выход водам, циркулирующим в наклонных водоносных горизонтах, по зонам разломов и т. д. Они образуются в речных долинах, у подножья склонов, на линиях выхода восходящих источников напорных вод.

Бугры пучения в равнинных областях, сложенных мощными толщами многолетнемерзлых осадков без каких-либо горизонтов напорных межмерзлотных вод, образуются при подтоке вод к фронту промерзания с гидродинамическим напором, возникающим при промерзании замкнутых объемов пород в подозерных или подрусло-вых таликах. Они располагаются в пределах озерных впадин термокарстового происхождения, иногда на берегах рек, на плоских водоразделах, днищах долин. Почти всегда по периферии бугров можно найти следы существования бывших озерных котловин. Если таких следов нет, можно связывать происхождение бугров с выходами подмерзлотных вод.

Высота гидролакколитов от 7—12 до 15—20 м. Очертания их разнообразны, чаще округлы, а размеры весьма различны. Некоторые бугры в поперечнике достигают первых десятков метров, другие имеют еще большие размеры.

Бугры пучения (рис. 30), связанные с промерзанием таликов, называются *булгуньями*, *седэ*, *пинго*. Впервые их описал В. Н. Ан-

древ [6] на п-ове Ямал. Это округлые холмы высотой 10—25 и диаметром до 50—100 м, конической формы, с усеченной вершиной, иногда окруженные небольшим наклонным к периферии пологим повышением, названным В. Н. Андреевым пьедесталом. Последний имеет ширину 10—25 и высоту 1—1,5 м. Склоны довольно круты (от 15 до 25—30°), иногда с террасовидными площадками. Вершина обычно плоская. На ней наблюдаются озерные осадки, которые иногда сохраняются и на террасках.

Формирование таких бугров связано с обмелением термокарстовых озер и промерзанием донных осадков. Постепенное промерзание талика обуславливает начало пучения в наиболее ослабленном



Рис. 30. Многолетний бугор пучения Парне-седэ на Тазовском полуострове (высота более 30 м). Фото Ф. А. Каплянской.

месте. Пучение происходит длительное время, и бугор может возникнуть не только на берегу или в уже осушенном участке дна, но и в прибрежной части водоема, промерзающего до дна. В отдельные годы, когда обводненность котловины повышается, склоны бугра абрадируются, вырабатываются терраски, приподнимаемые при дальнейшем пучении.

Промерзание донных пород в мелких термокарстовых озерах приводит, кроме того, к изменению их формы, а также появлению положительных форм рельефа на дне. Последние в отличие от булгунных, нередко возникающих на дне озерных котловин, более обширны по площади и менее высоки. Образуются ли они только путем миграции воды к фронту промерзания или в результате давления, возникающего при замерзании пород в замкнутом пространстве, точно сказать пока нельзя. В специальной работе [41] излагается, какие изменения претерпевает форма озерных ванн в результате промерзания их дна.

При полевых исследованиях необходимо отличать многолетние бугры пучения от сезонных. Первые характеризуются наличием устойчивой растительности на поверхности бугра, отличной от окружающей и располагающейся в зависимости от своих экологических особенностей в различных частях бугристой формы. На многолетних буграх пучения нередко произрастает даже древесная растительность. Важно установить, связано ли бугрообразование с подтоком вод к фронту промерзания или нет. Для этого необходимо знать строение бугра, в частности, имеются ли в нем инъекционные льды в виде мощных слоев или ядра. Если строение бугра не вскрывается естественными разрезами, при детальном работах желателен организовать его разбуривание. Общим критерием для отделения бугров пучения от гидролакколитов и булгуньяхов могут служить более распылчатые очертания первых, их меньшие размеры и более пологие склоны. Для отличия гидролакколитов от булгуньяхов особое внимание следует обращать на морфологию бугров и смежных участков, помня о приуроченности булгуньяхов к озерным котловинам и речным долинам.

При геоморфологических исследованиях, сопровождающих геологосъемочные работы, выявление гидролакколитов представляет особый интерес, так как позволяет установить районы разгрузки глубоких водоносных горизонтов или зон, а по расположению гидролакколитов судить о наличии таких горизонтов или зон под рыхлыми осадками.

Рассмотренные выше формы связаны с эпигенетическим промерзанием пород при формировании многолетней мерзлоты.

При сингенетическом промерзании пучение пород также имеет место, но происходит в минимальных размерах. В результате образуются осадки повышенной мощности, что существенно не изменяет облик рельефа. Роль процессов пучения в данном случае сводится к созданию на этих участках благоприятных условий для развития в будущем термокарстовых процессов. Поэтому на поверхностях, промерзавших сингенетично, как правило, нет трещин напора и связанных с ним типов рельефа и, наоборот, широко развивается рельеф, обусловленный процессами сезонного колебания температур в мерзлых породах. В частности, очень широко развит трещинно-полигональный рельеф, обусловленный образованием повторно-жильных льдов.

Формы и типы рельефа, обусловленные сезонными температурными колебаниями в мерзлых толщах

Трещинно-полигональный микрорельеф. Зимнее охлаждение поверхностных слоев многолетнемерзлых пород вызывает их объемное сокращение. Под влиянием возникающих напряжений происходят разрывы и образуются сети трещинных полигонов, преимущественно тетрагональной формы. Замыканию морозобойных трещин препятствуют образующиеся в них ледяные жилки.

Многочисленное повторение процесса ведет к формированию мощных ледяных тел — повторно-жильных льдов, подробно описанных в руководствах по мерзлотоведению, и возникновению трещинно-полигонального микрорельефа. Он развит на болотных и равнинных участках зоны развития многолетнемерзлых пород и в районах недавней деградации многолетней мерзлоты. Трещинно-полигональный микрорельеф формируется как на основе морозобойных трещин, так и на основе сетей трещин напора (с жильными льдами или без них). Его эволюция освещена Б. И. Втюриным и А. Я. Литвиновым [81], которые выделяют плоский, валиковый, выровненный, термокарстовый и остаточный виды рельефа, отражающие разные этапы его развития (табл. 2, рис. 31). Дальнейшая разработка этого вопроса сделана М. Н. Бойцовым [40], изучавшим развитие трещинно-полигонального рельефа, возникающего на основе трещин пучения.

Таблица 2

Генетический ряд форм трещинно-полигонального рельефа
(по Б. И. Втюрину и А. Я. Литвинову [81])

Вид рельефа	Этап формирования рельефа		Форма полигонов
	стадия	подстадия	
Плоский	Развития	Начальная	I. Плоские безваликовые
Валиковый		Зрелая	
Выровненный	Планиции поверхности и консервации ледяных жил		III. Плоские, со снивелировавшимися валиками и заросшими болотцами, бесполигональная поверхность
Термокарстовый	Разрушения	Начальная	IV. Плоские безваликовые, с узкими бороздами протаивания V. Валиковые, с бороздами протаивания между валиками VI. Выпуклые безваликовые, округлой формы, с широкими, но неглубокими бороздами протаивания
		Зрелая	
Остаточный	Остаточная вытаявание жил	Полное ледяных жил	VIII. Останцы разрушающихся полигонов конусообразной формы, с широкими и глубокими бороздами протаивания (байджарахи) IX. Выпуклые, часто округлой формы, с псевдоморфозами или пустотами по ледяным жилам X. Слабовыпуклые, округлой или вытянутой формы, среди заболоченных пространств (остаточно-полигональные болота)
»		То же	

Трещинно-полигональный нанорельеф. Ведущими процессами при образовании различных форм и типов нанорельефа («структурных почв», «медальонной» или «пятнистой» тундры, рис. 32) являются трещинообразование, пучение и морозная сортировка материала в пределах сезонно протаивающего слоя.

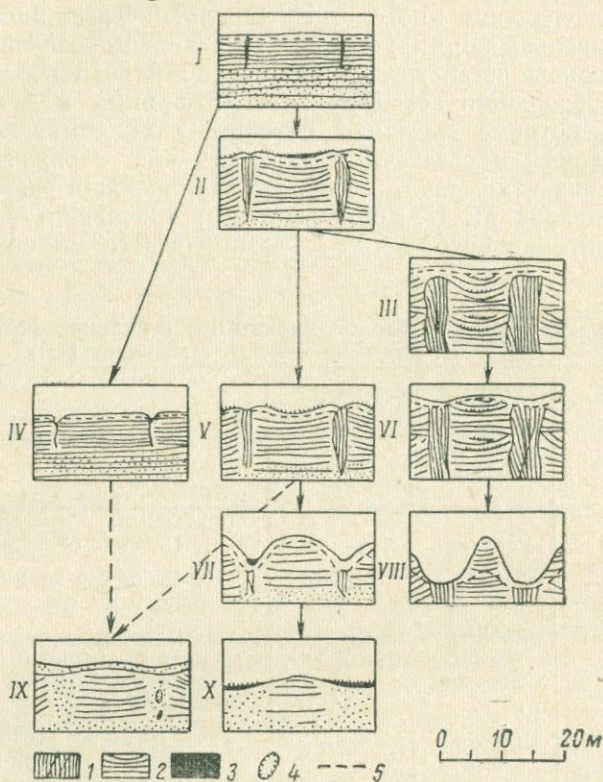


Рис. 31. Схема развития форм трещинно-полигонального рельефа, по Б. И. Втюрину и А. Я. Литвинову.

1 — слоистость в ледяных жилах; 2 — слоистость в ядрах полигонов; 3 — вода; 4 — пустоты в псевдоморфозах по ледяным жилам; 5 — верхняя поверхность многолетнемерзлых пород.
I—X — номера форм полигонов, указанных в табл. 2.

Процесс образования тундровых пятен заключается в периодических излияниях разжиженного грунта, происходящих в центре полигонов, при неравномерном осеннем промерзании разбитого трещинами деятельного слоя. Этот же процесс участвует и в образовании «структурных почв». Когда излияния не происходят, в пределах полигонов, сложенных неоднородными грунтами, идут процессы вымораживания обломков. Выведенные на поверхность, они постепенно соскальзывают к периферии пятен под влиянием пучения, гравитационных сил, работы стебелькового льда и образуют каменное кольцо. При увеличении сезонного протаивания излияния жидкого грунта прекращаются.

Заращение тундровых пятен обычно свидетельствует об увеличении глубины сезонного протаивания. Пятна могут указывать на возможное отсутствие смыкания сезонной мерзлоты с многолетней. Наличие реликтовых форм и следов их в разрезах указывает на существование в прошлом суровых климатических условий.

При исследованиях полигонального нанорельефа в области многолетнемерзлых пород необходимо детально описывать морфологию образований, отмечать активность процесса (следы сортировки пород, излияния в пятнах, наличие трещин, разделяющих пятна,



Рис. 32. Тундровые пятна на правобережье р. Пур в окрестностях пос. Самбург.
Фото Ф. А. Каплянской.

их состояние, глубину). Желательна зондировка или расшурфовка пятен. Важно отмечать углы наклона поверхности, ориентацию склонов, положение пятнистых поверхностей на склонах и т. д.

Формы и типы рельефа, обусловленные процессами протаивания

Процессами протаивания пород обусловлены солифлюкция и термокарст. Солифлюкция связана в основном с сезонным протаиванием, термокарст — с таянием многолетнемерзлых пород.

Солифлюкционные формы рельефа. Под солифлюкцией понимается течение переувлажненной породы по склону. В этом процессе участвуют также пучение, набухание и усадка пород, изменение объема пород от колебаний температур и некоторые другие процессы; однако они играют второстепенную роль.

Солифлюкция проявляется на склонах различной крутизны как в горах, так и на равнинах, где на поверхности имеется слой рыхлого мелкозема достаточной мощности и значительной льдистости. Движение начинается при уклонах в 2—3°. На крутых склонах такого материала мало, поэтому солифлюкция для них менее харак-

терна. Для начала процесса необходимо довольно глубокое протаивание породы, которое должно обеспечить гравитационную нагрузку, превышающую предел текучести. В более льдистых породах глубина протаивания может быть меньше, так же как и на более крутых склонах. Глубина протаивания зависит от экспозиции склона, поэтому солифлюкционные процессы на более прогреваемых склонах проявляются чаще. В северных частях зоны распространения многолетнемерзлых пород солифлюкция чаще проявляется на южных склонах, а в южных частях зоны и в области островного распространения — на северных, так как здесь многолетняя мерзлота на южных склонах залегает глубоко или отсутствует.

Солифлюкционные процессы происходят и в области сезонного промерзания (весной при неполном протаивании глубоко промерзших пород). Явление, подобное солифлюкции, может также развиваться в местах переувлажнения рыхлых склоновых отложений, подстилаемых водоупорными породами.

Под влиянием солифлюкции на склонах развивается специфический комплекс форм микро- и мезорельефа.

Солифлюкционные языки или натечные террасы образуются в условиях локального (повышенной мощности) накопления материала на склоне при повышенном летнем протаивании или избыточном увлажнении, вызывающих движение пород. В этом случае образуется вздутие в виде языка площадью 2—3 м² или более. Поверхность языка у его конца почти горизонтальная; уступ, обращенный вниз по склону, достигает высоты 0,5—1 м. Языки, вытянутые по склону, образуют натечные террасы. Часто весь склон покрыт такими террасами. Эти формы относительно устойчивы, так как при промерзании в них образуется выступ поверхности многолетней мерзлоты. Реликтовые террасы такого рода известны в Забайкалье, Саянах и на Дальнем Востоке.

Сплыв и грязевые потоки возникают, когда при значительном переувлажнении разжиженный мелкозем языка разрывает дерновый покров и стекает по склону. В начале сплыва образуется депрессионная поверхность, к которой подходят мерзлые породы. Их протаивание, которое происходит и на следующий год, может питать возникший грязевой поток. Оплывание породы прекращается после того, как склоны станут пологими. Поток, достигший подножия, образует плоский солифлюкционный конус. При значительных сплывах и длительном поступлении разжиженной породы в русло какого-либо временного водотока возникает грязевой поток. При выходе его из длины в русле главной реки может временно возникнуть грязевая дельта. Ширина потоков достигает многих десятков метров (иногда 100 м и более). Перед такими потоками образуются уступы высотой 2—3 м. При промерзании движение прекращается. Поэтому вся поверхность потоков покрыта валами, буграми и трещинами.

Солифлюкционные валы — длинные (до 100 м) валообразные поднятия, идущие поперек склона. Склоны валов, обращенные к подножию склона возвышенности, круче и выше; они достигают высоты

3 м. На поверхности валов наблюдаются гофрировка дернового покрова и трещины, выполненные грязью со щебнем.

Солифлюкционные террасы представляют собой почти горизонтальные площадки длиной до сотен метров, оканчивающиеся уступами высотой в несколько метров. Они образуются вследствие усиленной аккумуляции солифлюкционного материала на перегибах склонов, у солифлюкционных бугров и валов.

Странствующие камни — отдельные крупные глыбы до нескольких метров в поперечнике, соскользнувшие к подножьям склонов по разжиженному с поверхности мелкозему. Частично перемещение таких камней происходит по обледеневшему весной снегу. От перемещения камня на склоне возникает борозда, а внизу — вал торможения.

Каменными полосами и гирляндами называют полосы грубообломочного материала, вытянутого по склону сверху вниз, наискось (реже поперек), и фестончато изогнутые скопления камней, щебня и гальки поперек склона. Они образуются из глыбового материала, вымороженного на поверхность и затем скользящего по склону.

С болотной солифлюкцией связано возникновение *грядово-мочажинного рельефа болот*. По С. Г. Бочу и И. И. Краснову [51], образование гряд, располагающихся, как известно, перпендикулярно к уклону, объясняется движением разжиженных масс торфа под влиянием гравитации. Ширина гряд 0,5—10, высота 0,3—1 м.

Полная сводка современных представлений о формах рельефа, связанных с солифлюкцией и другими криогенными склоновыми процессами, сделана Т. Н. Каплиной [183], и дополняется монографиями Е. А. Втюриной [82] и Л. А. Жигарева [141].

При исследовании склонов, даже минимальных по высоте и углам наклона, необходимо отмечать следы солифлюкции и связанные с ней формы рельефа, уделяя особое внимание направлению движения грунтовых масс.

Термокарстовый рельеф. Термокарстом называется оседание пород после вытаивания подземных льдов (термин предложен М. М. Ермолаевым в 1932 г.). Термокарстовые процессы могут быть вызваны как общими для больших регионов причинами (потепление климата, трансгрессия моря и т. п.), так и местными (изменение глубины сезонного протаивания от нарушения растительного или снежного покрова, обводнения и т. п.).

Просадочные формы термокарстового рельефа подразделяются на две категории: 1) собственно термокарстовые и 2) термокарстовые смешанного происхождения. Классификация форм термокарстового рельефа приведена в табл. 3, а типы обеих категорий иллюстрирует рис. 33. Наибольшее рельефообразующее значение имеет протаивание льдистых пород верхних 20—30 м.

В развитии термокарста С. П. Качурин [188] различает четыре этапа: 1) начало вытаивания подземного льда в верхних слоях многолетнемерзлых пород; 2) начало просадки на участках вытаивания подземного льда; 3) дальнейшее вытаивание льда до полного его исчезновения и расширение просадки за счет опускания новых

Классификация форм просядочного рельефа в области распространения многолетнемерзлых горных пород, по С. П. Качурину [188]

Основные категории просядочных форм	Тип просядочных форм рельефа в связи с генетическими типами льдов	Вид просядоч	Морфологические элементы просядочных образований и районы их преимущественного распространения
I. Собственно-термокарстовые	<p>Полигональные — на участках с повторно-жильными льдами</p> <p>1а. Полигонально-сетчатые (решетчатые)</p>	<p>1а. Провальные озера и западины, расположенные в виде сети полос (решетки) на местах протаявших жил льда</p>	<p>1а. Понижения в рельефе в виде западин и полос обычно в разных стадиях развития, нередко распространенные на значительной площади (от 10 м² до нескольких десятков квадратных метров), заполненные водой или без воды, глубиной 0,5—4 м; наиболее распространены в тундровой зоне Севера, частично — таежной; вне области современного распространения многолетнемерзлых горных пород встречаются в виде реликтовых образований</p>
	<p>1б. Полигонально-ячеистые</p>	<p>1б. Провальные озера и западины, расположенные внутри сетки (решетки), образованной трещинами и вытянутыми вдоль них валиками</p>	<p>1б. Просядочные понижения в рельефе в виде западин с водой или без воды глубиной 0,5—4 м, разделенные вытянутыми повышениями (валками), расположенные по клеткам или в шахматном порядке на таких же участках, что и полигонально-сетчатые формы; размеры от нескольких единиц до нескольких сотен квадратных метров; типичны для тундровой зоны и для многих районов северной тайги. Вне области современного распространения многолетнемерзлых горных пород встречаются реликтовые формы</p>

<p>1в. Слитнопolygonальные (соединившиеся сетчатые и ячеистые)</p>	<p>1в. Провальные озера и западины, сформировавшиеся на участках таяния повторно-жильных и сегрегационных льдов из сетчатых и ячеистых просадочных форм (например, некоторые якутские аласы)</p>	<p>1в. Просадочные понижения в рельефе в виде озерных впадин или осушенных западин разной глубины (чаще 0,5—4, реже до 20 м и более); размеры от нескольких квадратных метров до нескольких сотен квадратных метров; часто со следами полигонов, линейных ложбин или валиков по периферии впадин; располагаются на таких же участках, как и полигонально-сетчатые и полигонально-ячеистые формы, из которых они развиваются</p>
<p>2. Плоскодонно-западинные на жильных и сегрегационных льдах, состоящих из мелких ледяных жил и прослоек</p>	<p>2. Западины, «блюда», воронки, ложбины и др., как правило, с плоским дном (многие аласы Якутии, но аласы могут быть различного происхождения)</p>	<p>2. Западины большей частью округлой или овальной формы с четкими уступами; одиночные или групповые, площадью от десятка до сотен квадратных метров, глубиной 0,5—4 м; широко, но беспорядочно распространенные на территории многолетнемерзлых горных пород; наиболее типичны на юге тундровой зоны и на равнинах лесной зоны</p>
<p>3. Западинно-бугристые — на инъекционных и инфильтрационно-солифлюкционных льдах</p>	<p>3. Западины с провальными озерами или осушенные, образовавшиеся при протавивании трещинных льдов, бугров-гидролакколитов, торфяных бугров и т. д.</p>	<p>3. Просадочные впадины на плоских элементах рельефа; обычно в виде сети и групп форм, часто одиночные, округлые или лопастные в плане, площадью от единиц до сотен квадратных метров; распространены в лесной и лесостепной зонах области многолетнемерзлых горных пород</p>
<p>4. Глубоко-котловинные — на погребенных льдах (древних и современных ледников, промерзших озер и т. п.), полностью или частично протаявших</p>	<p>4. Котловины с озерами или осушенные воронковидные впадины</p>	<p>4. Просадочные впадины одиночные и групповые, часто в плане сложной формы, площадью от десятков квадратных метров до нескольких квадратных километров и глубиной до десятков метров; распространены в районах древнего и современного оледенения как на равнинах среди моренного и камового рельефа, так и в горных районах Сибири со следами оледенения</p>

Основные категории просадочных форм	Тип просадочных форм рельефа в связи с генетическими типами льдов	Вид просадок	Морфологические элементы просадочных образований и районы их преимущественного распространения
	5. Подземные полости — на местах вытаивания подземных льдов различного генезиса (жильных, сегрегационных и др.)	5. Колодцы, каньоноподобные щели, ниши вытаивания, гроты, пещеры	5. Различные по форме, размерам и глубине понижения в рельефе (в зависимости от местных условий); распространены в разных районах области многолетнемерзлых горных пород
	6. Формы термоплатации, термоабразии, термоэрозии и другие — независимо от генетических типов льдов	6. Пологие понижения на поверхности рельефа, а также борозды, плоские западины и др.	6. Формы просадки поверхности, типичные для береговых участков крупных водоемов и водотоков; размеры участков различны (в зависимости от местных геоморфологических условий)
II. Термокарстовые смешанного происхождения	1. Термокарстово-солифлюкционные на льдистых дисперсных горных породах; развиваются при протаивании с одновременным смешением пород под влиянием процессов солифлюкции	1. Часто бесформенные западины, ветвистые ложбины и просадки на склонах и у их подножий, иногда вблизи сооружений	1. Различные просадочные образования одиночные и групповые, площадью от долей квадратного метра до многих сотен квадратных метров, глубиной 1—5 м и более; развиваются в протаивающих и сползающих породах разного состава и строения; на обживаемых участках возникают при нарушении поверхности почвы

<p>2. Термокарстово-суффозионные — на дисперсных льдистых породах, подающих выщелачиванию и суффозии (в породах крупнопористого сложения)</p>	<p>2. Воронковидные или блюдцевидные западины, ложбины с неровным дном, нередко совпадающие с положением морозобойных трещин</p>	<p>2. Одиночные западины или системы западин площадью от нескольких квадратных метров до нескольких квадратных километров и глубиной от одного до нескольких десятков метров</p>
<p>3. Термокарстово-эрозионные — на льдистых породах разного генезиса, в местах действия процесса эрозии</p>	<p>3. Овраги, балки, рывины и различные бесформенные просадочные образования, измененные эрозией</p>	<p>3. Обычно линейно вытянутые углубления в почве с обрушивающимися или оползающими стенками, различной глубины, ширины и протяженности; развиваются на склонах и вблизи их уступов</p>
<p>4. Термокарстово-карстовые — при протаивании льдистых покровных отложений, подстилаемых породами, подверженными карстообразованию</p>	<p>4. Различного вида воронки, колодцы, западины термокарстовые (вверху), продолженные карстовыми (внизу)</p>	<p>4. Впадины, сходные с карстовыми, чаще одиночные, площадью до 100 м², но чаще небольшие, глубиной до 5—20 м</p>
<p>5. Прочие</p>	<p>5. Просадки на пашне, под сооружениями и пр.</p>	<p>5. Различных видов деформации грунтов и сооружений</p>

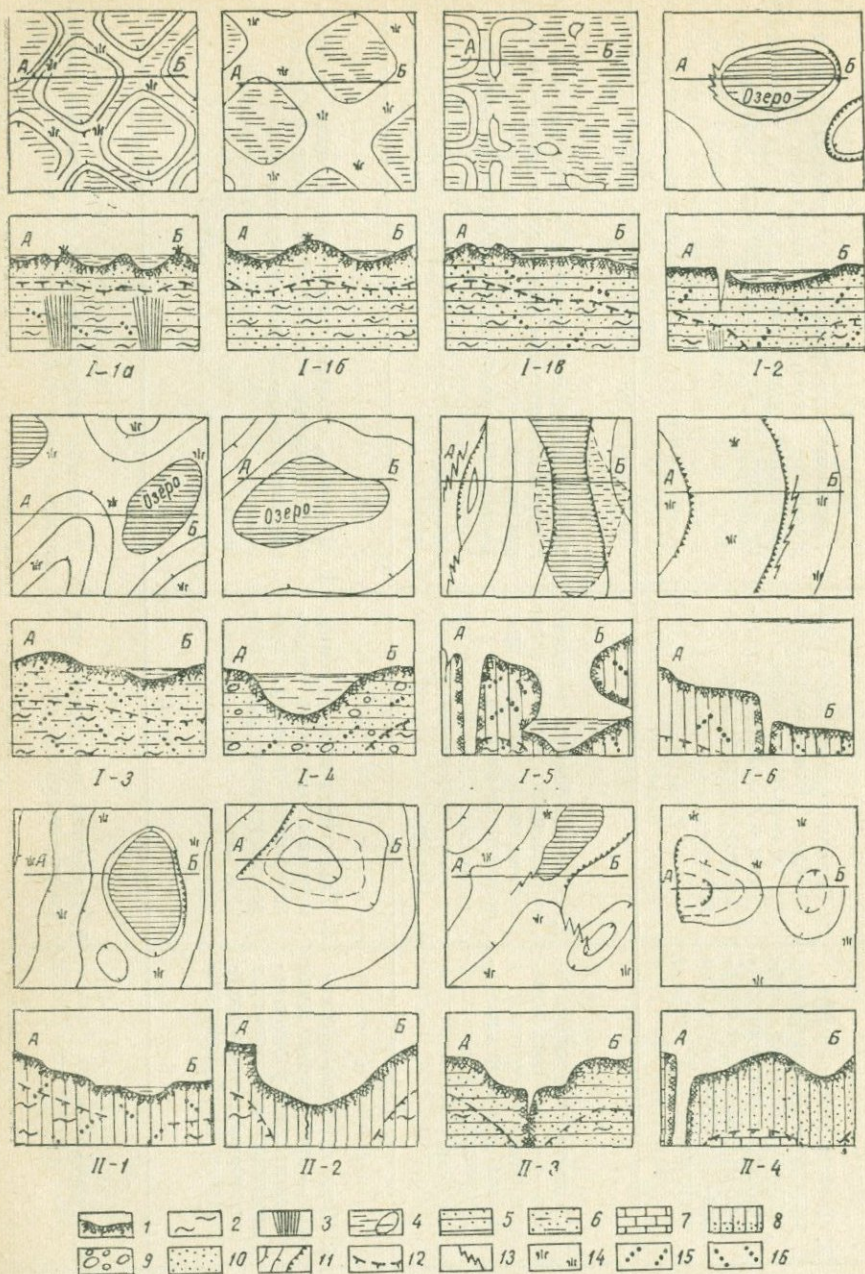


Рис. 33. Схема различных типов просадочных образований (в плане и в разрезе), по С. П. Качурину.

1 — почвенный слой; 2 — прослойки льда; 3 — жилы льда; 4 — болото и озеро; 5 — суглинок; 6 — супесь; 7 — плотная коренная порода (известняк); 8 — лёссовидная порода; 9 — галечник и щебень; 10 — песок; 11 — изогасы и уступы; 12 — верхняя граница мерзлых пород; 13 — трещины в плане; 14 — кусты осоки; 15 — пылеватая порода; 16 — иловатая порода.

масс породы, покрывавшей ранее льды; 4) установление термического равновесия при создавшихся новых условиях и окончание развития просядочных форм.

Ряд закономерностей формирования и саморазвития термокарстовых озерных котловин рассматривается М. Н. Бойцовым [41].

Конечным итогом саморазвития термокарста в пределах аккумулятивных равнин является их термоплатация под влиянием термоабразионных процессов и просядок. Они значительно снижают поверхность равнин, от первичного рельефа которых остаются только отдельные останцы. Формирование подобного термоабразионного «вырезного» рельефа проходит через ряд стадий. При последующем разрушении межозерных останцов от поверхности первичной равнины не остается никаких следов. Рельеф такого типа развит во многих частях севера Западно-Сибирской низменности; известен он и в других частях СССР. Преобразование полигонального рельефа в термокарстовый, а затем термоабразионный вырезной описан в Якутской АССР [389].

Реликтовые формы термокарстового рельефа. Многолетнемерзлые породы со льдом-цементом в количестве, не превышающем полную влагоемкость пород, при протаивании не дают осадки. Если такие породы содержали крупные включения льда иного генезиса, например, погребенные остатки льдов покровного или горного оледенения, наледи, жилы повторно-жильного льда и т. п., то при их вытаивании возникают депрессии, обычно сохраняющиеся в реликтовом состоянии. Однако известны случаи, когда вытаивание погребенного льда не сопровождается полным оседанием пород и заполнением возникающих пустот. Этот процесс может завершиться появлением «термокарстовых» депрессий спустя длительное время после полного протаивания пород.

При протаивании пород, содержащих сегрегационные льды в количествах, намного превышающих полную влагоемкость породы, поверхность их испытывает повсеместную осадку. Особенно интенсивна она в мерзлых толщах, лед которых сингенетичен осадкам. Оседание поверхности постепенно распространяется на пространства, окружающие более ранние просядки. При этом относительная глубина их уменьшается. Но в большинстве случаев они сохраняются в виде реликтовых депрессий [389].

В некоторых частях общее оседание осадков равнины при деградации мерзлоты вызывает образование некрупных замкнутых депрессий. Предположительно они возникают в тех местах, которые в момент возникновения мерзлоты испытывали большее пучение из-за большей увлажненности промерзших осадков или большей их мощности. Эти участки затем подвергались процессам денудации, и после деградации мерзлоты на их месте возникали обширные депрессии, которые при заполнении водой становились озерами.

Многие формы термокарстового эрозионного и мерзлотного рельефа, связанного с процессами пучения, при протаивании многолетней мерзлоты переходят в реликтовое состояние в обращенном виде. Этот процесс называют *деградационной инверсией рельефа* [38, 39].

Исследование термокарстового рельефа равнинных областей нужно начинать с детального изучения аэрофотоматериалов и имеющих топографических карт. На аэроснимках отмечаются (с последующим переносом на предварительную геоморфологическую карту) различные типы озер (круглые, ориентированные, серповидные), пляжи, мелкие проявления термокарста по трещинным льдам и т. д. Анализ аэрофотоснимков, карт и различных фондовых материалов должен быть направлен на установление характера термокарстового процесса и выявление стадии его развития. Он важен при выборе ключевых участков для полевых исследований, которые должны сопровождаться морфологическим описанием форм, картированием или зарисовками деталей, изучением морфометрии (измерением термоабразионных обрывов, глубины озер, ширины пляжей и т. д.). Всеми возможными способами изучаются подземные льды и их генезис, текстуры льдистых пород, их литология, по возможности — глубина залегания мерзлых пород и их температура.

При проектировании работ в областях бывшего распространения многолетней мерзлоты, следует также проводить предварительное изучение аэрофотосъемочных материалов и карт, обращая внимание на наличие в реликтовом состоянии форм, связанных с инверсией, и форм с редуцированными озерными ваннами (серповидные и кольцевые озера, кольцевые и серповидные гряды и т. д.). Иногда уже по картам и снимкам удастся выявить следы неоднократной деградации мерзлоты и возврата многолетней мерзлоты (серповидные гряды, озера и т. д.).

В полевой период обследуются намеченные районы, изучаются геолого-геоморфологическая обстановка, разрезы, следы криогенных процессов в осадках. Собирается материал для выводов о времени формирования мерзлоты в прошлом и типе промерзания (эпигенетическом или сингенетическом). Тщательно изучаются все отщифрированные формы инверсионного мерзлотного рельефа, обязательно проводится их расщурфовка и, по возможности, разбуривание.

О геоморфологическом анализе мерзлотного рельефа

К концу проведенной работы в руках исследователя сосредоточится большой фактический материал о формах мерзлотного рельефа, стадиях их развития, реликтах мерзлотного рельефа, о распределении отдельных форм, которые могут рассматриваться как формы-индикаторы тектонических явлений (наледы, гидролакколиты) и т. д.

Анализ распределения отдельных форм-индикаторов способствует выявлению тех или иных сведений геологического характера. Так, например, линейное расположение крупных нивальных ниш, каров, наледей и гидролакколитов указывает на наличие тектонических зон дробления или линий разломов, а неэкспозиционная асимметрия речных долин — на наличие тектонического перекоса долин и т. д.

Вне зоны многолетней мерзлоты распределение реликтовых форм и следов ее в совокупности с геологическими факторами могут указывать на границы ее прошлого распространения.

Сопоставляя особенности распределения мерзлотных форм и типов мерзлотного рельефа на территории исследуемого района, можно в ряде случаев выявить следы деградации многолетней мерзлоты и ее новые появления.

Ясные следы изменения многолетнемерзлого режима пород и следы повторного промерзания легче всего найти в областях развития рыхлых осадков. Наиболее интересными в этом плане формами рельефа являются термокарстовые озера, просадки и формы, возникшие в результате их инверсионного переустройства. Поиски следов неоднократно повторявшегося многолетнемерзлого режима пород в рельефе горных районов обычно дают менее значительные результаты, чем в пределах равнин.

РЕЛЬЕФ ЗОЛОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Детальную характеристику этих форм можно найти в ряде работ [19, 34, 58, 84, 224, 272, 297, 301, 302, 303, 333, 430, 431, 473, 476], так же как и описание специфического золowego рельефа на снежном покрове [346, 347].

При изучении условий образования и развития золowego рельефа собирают сведения: 1) по физико-географической характеристике района работ (климатические особенности, режим ветров, распределение и характер растительности, общий характер рельефа, на фоне которого развиваются золовые формы); 2) по режиму и характеру поверхностных и грунтовых вод (глубина залегания последних определяет положение базиса дефляции — наиболее глубокой точки, до которой еще могут происходить процессы выдувания); 3) по характеру процессов и продуктов выветривания материнских пород; 4) по генезису, литологическому и минералогическому составу и возрасту развееваемых и перевеваемых отложений; 5) по интенсивности, направлению и режиму переноса кластического золowego материала; 6) по подстилающему рельефу и геологическому строению подстилающей поверхности; 7) по влиянию хозяйственной деятельности человека на развитие золowego рельефа.

Изучению должны подвергаться золовые процессы, которые наблюдаются во всех ландшафтно-географических зонах, но особенно активны в пустынях и полупустынных областях. Среди них различают развевание или выдувание (дефляция), навевание, транспортировку осадков, сопровождаемую обтачиванием (корразией) и аккумуляцией. Процессы развевания (выдувания) и навевания сопряжены во времени и пространстве, создавая дефляционно-навеянные формы рельефа песчаных пустынь и золовые снежные формы. При удалении материала в процессе развевания создаются деструктивные формы рельефа — каменистые пустыни (гаммады и сериры), ниши, карнизы, котлы выдувания и т. д. Процессы корразии создают такие специфические формы рельефа, как ярданги, каменные решетки, каменные грибы, колонны, обелиски, пирамидальные валуны и т. д. Процессы аккумуляции золowego материала обуславливают формирование лёссовых равнин и других многочисленных аккумулятивных золowych форм.

При изучении эолового рельефа определяют размеры форм, крутизну склонов, экспозицию по отношению к господствующим ветрам и странам света, зависимость от геологического строения и рельефа, погребенного под рыхлыми отложениями (по которому происходит перевевание последних). Исследуют как отдельные формы, так и их характерные ассоциации.

Одной из важнейших целей исследований является выяснение истории развития рельефа, современной динамики его развития и направление его дальнейшей эволюции. Для решения этой задачи необходим анализ и синтез всех имеющихся материалов. К настоящему времени в истории пустынь установлена смена плювиальных и аридных, холодных и теплых эпох, о чем свидетельствуют реликты эрозионных форм и аллювиальные отложения, следы криотурбаций и морозных клиньев, обнаруживаемые в пустынях. Изучение динамики развития современного рельефа необходимо для установления генезиса последнего и решения практических вопросов по освоению пустынь. Для этого нужно собрать материалы по качественной и количественной характеристике эоловых процессов, о рельефообразующей деятельности человека, об изменениях в очертаниях и положении эоловых форм. Наиболее достоверны материалы, полученные методом стационарных наблюдений, повторными топографическими съемками, аэрофотосъемками, фотограмметрическими съемками.

При крупномасштабных съемках следует картировать не только площади развития тех или иных однородных форм, но и каждую из них в отдельности в том ее виде, который она имеет в момент съемки, не смущаясь тем, что в недалеком будущем ее контуры могут измениться. Повторная съемка даст в этом случае богатый материал по динамике развития эолового рельефа.

Необходимо выявить связь тех или иных форм с разнообразными экзогенными полезными ископаемыми (россыпями редких металлов, месторождениями строительных материалов и т. д.). Тщательному изучению следует подвергать «эоловый плотик», на который могут проектироваться рудные минералы при перевевании песков. Деструктивные полые и положительные формы (гривки, узкие депрессии и др.) могут указывать на зоны трещиноватости и оруденения, интересные для поисков эндогенных месторождений полезных ископаемых.

Заключительный этап изучения — разработка мероприятий по решению наиболее актуальных практических вопросов (поиски полезных ископаемых, предотвращение песчаных и снежных заносов, снегозадержание и т. д.).

Формы рельефа песчаных пустынь

Анализируя географические и геологические условия эолового рельефообразования, необходимо особенно тщательно изучить климатические условия и, в частности, направление, интенсивность и режим ветров, характер растительности, гранулометрический и минералогический состав перевеваемых песков, степень окатанности

зерен и другие особенности песков, пути, способы и интенсивность их переноса, материнские породы, подвергающиеся развеванию, их состав, генезис, возраст, условия залегания, степень диагенеза, особенности геологического строения и рельефа подстилающей эоловые пески поверхности, гидрогеологические условия.

К эмбриональным дюнам в песчаных пустынях относятся *прикустовые косички*, образующиеся за кустами. Они ниже кустов, длина их в 6—10 раз более высоты.

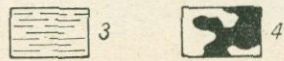
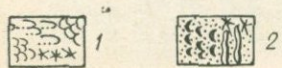
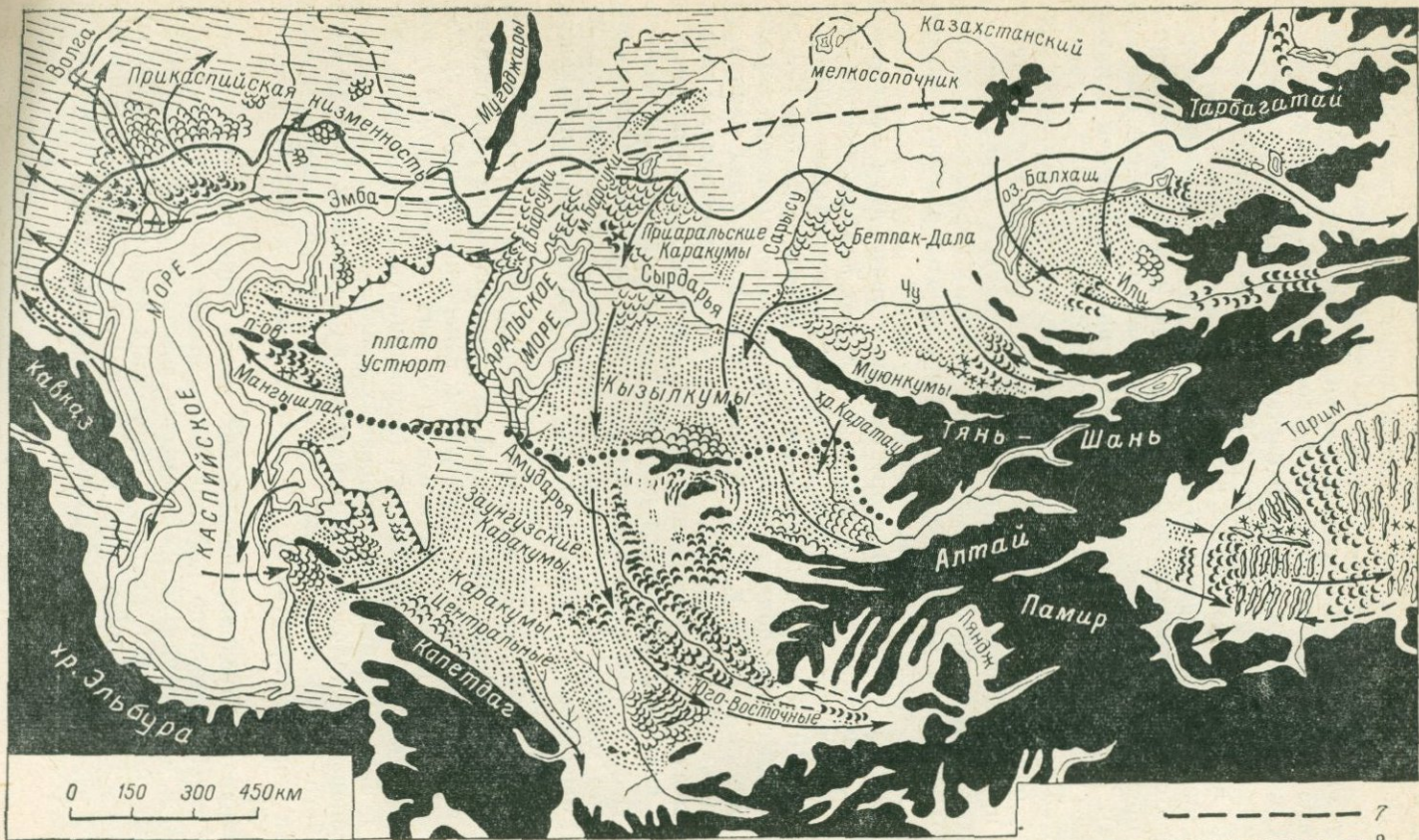
К поперечным формам по отношению к господствующим ветрам относятся: 1) *плоские или щитовидные дюны* (образуются на открытых пространствах в местах временных местных падений скорости ветра); 2) *барханы* — песчаные холмы в виде полумесяца с наветренным пологом (5—12°) и крутым подветренным (28—35°) склонами высотой до 5—40 м, с рогами, обращенными в ту сторону, куда дует ветер; образуются на ровных поверхностях (в частности, на такырах) при небольшой мощности песка и устойчивых ветрах в местах завихрений и торможения воздушного потока у неровностей земной поверхности или при встрече с ветрами других румбов; барханы могут быть одиночными и двойными.

В местах торможения скорости при встрече двух воздушных потоков в незакрепленных песках возникают *комплексные барханы* (при соединении нескольких барханов; максимальные размеры: длина до 10—20 км, ширина — до 1 км, высота — до 50—150 м), образующиеся при обилии песка, и *барханные цепи* (система перпендикулярных к ветру и параллельных друг другу гряд длиной от нескольких десятков метров до нескольких километров). Генезис барханных цепей неясен, поэтому их изучению следует уделить особое внимание. По одним данным, это самостоятельные формы, по другим, — результат слияния одиночных барханов. Они возникают, по мнению В. Н. Кунина [216], при обилии песка, а по Б. А. Федоровичу [431] — наоборот, при сравнительно небольшом его количестве.

Исследования позволяют выделить поперечные формы и в полукрепленных песках. При равной силе периодически меняющихся противоположных ветров образуются *поперечные песчаные гряды*, при небольшом преобладании одного из них — *граблевидные гряды* и значительном — *лунковые пески* (совокупность дефляционных впадин и аккумулятивных дугообразных гряд).

Поперечные эоловые формы развиты на восточных берегах Каспийского и северо-восточных берегах Аральского моря, у подножья горных хребтов и у выхода горных долин на равнины (рис. 34).

В сложных условиях воздушной циркуляции образуются *ячеистые пески* (сочетание дефляционных впадин, диаметром от 2—5 до 200 м, и аккумулятивных перемычек, возникающих на полукрепленных песках при системе равномерных ветров разных румбов), комплексные пирамидальные пучки (в незакрепленных песках в местах пересечения воздушных потоков, вызванных орографическими перепадами).



1 — пески полужакрепленные (грядовые, лунковые, дюнные, ячеистые, пирамидальные); 2 — пески оголенные (барханы, барханные цепи и пирамиды); 3 — выемистости; 4 — горы и нагорья; 5 — направление равнодействующей силы ветров, формирующих рельеф песков; 6 — направление ветров, сезонно воздействующих на рельеф песков; 7 — ось антициклона (линия главного раздела направленных рельефа песков); 8 — граница степей и полупустынь (пустынных степей); 9 — граница полупустынь и северных пустынь; 10 — граница северных и южных пустынь.

Устойчивые восходящие движения воздуха в незакрепленных песках формируют *барханные пирамиды* (звездчатые или пирамидальные дюны), а устойчивые нисходящие воздушные потоки — *цирки развевания* [431].

Ветры, дующие в одном или близких румбах, создают *продольные песчаные гряды*. К ним относятся продольно-грядовые пески (продольные песчаные гряды, песчаные гряды, грядовые пески, барханные гряды) на подвижных и полужакрепленных песках. Высота гряд от нескольких метров до 25—30 м (в эргах Сахары до 300 м), длина до 0,5—1 км (в пустынях Австралии — до сотен километров). Межгрядовые ложбины иногда заняты такырами, участками глинистых и каменистых пустынь (реги, гасси, фейджи и т. д.). При изучении гряд особое внимание следует уделить выяснению их генезиса (созданы ли они продольной линейной дефляцией и аккумуляцией, винтообразными потоками воздуха, слиянием прикустовых косичек или рогов одиночных барханов, расположенных друг за другом, предопределенностью гряд параллельными антиклинальными складками, эрозионно-аккумулятивной деятельностью водных потоков или параллельным эрозионным расчленением с последующей золовой обработкой) [96, 239, 476].

Если продольные песчаные гряды подвергаются влиянию боковых ветров, образующиеся между ними песчаные перемычки создают грядово-ячеистый (или ячеисто-грядовой) рельеф.

В результате развевания полужакрепленных барханных цепей или барханных песков возникают *бугристые пески* высотой 2—8 м. На глинистых песках с редкой растительностью обычно образуются неподвижные кучевые пески высотой 1—1,5 м. И те и другие характерны для районов с сезонно меняющимися румбами ветров.

Дефляционно-навеянный рельеф внепустынных областей

Золовый рельеф нужно тщательно изучать и во внепустынных областях (на берегах морей, озер, речных террасах, поймах, островах, зандровых и аллювиальных песчаных равнинах). Он возникает на незакрепленных песках (нередко в результате нарушения дерна и растительного покрова при хозяйственной деятельности человека). Изучение этих форм важно для разработки мероприятий по борьбе с золовыми процессами.

Золовый рельеф во внепустынных областях представлен следующими формами: 1) *кольцевые дюны* с дефляционными впадинами в центре, образующиеся при системе равномерно, со всех сторон, дующих ветров; 2) *копьевидные дюны*, возникающие в том случае, когда одна из сторон

кольца вытягивается в направлении преобладающего ветра; 3) «яреи» — дефляционные котловины (с навейными по периферии дюнами), встречающиеся в тундровых районах, площадью до нескольких гектаров при глубине 2—4 м; 4) *поперечные дюны* на песчаных берегах морей и озер, формирующиеся при бризовой циркуляции воздуха и непрерывном поступании песка со стороны водного бассейна и представляющие систему параллельных берегу гряд высотой 20—90 м, передвигающихся со скоростью от 1—5 до 20—25 м в год; 5) *параболические дюны*, образующиеся при прорывах поперечных дюнных гряд (с рогами, направленными против ветра), или комплексные параболические дюны более сложного строения [431]; 6) *продольно-грядовые дюны*, возникающие при господстве дневных бризов над ночными, вызывающими разрыв параболических дюн и их превращение в продольные гряды.

Дефляционно-корразионные формы рельефа

Эти формы наиболее типичны для каменистых пустынь, но встречаются и во внепустынных областях. Их изучение должно сопровождаться исследованием дефляционно-корразионного процесса, путей, способа и интенсивности транспортировки коррадирующего материала, его гранулометрического, минералогического и химического состава, участия других процессов (карстового, суффозионного и т. п.), изучением пород, подвергающихся дефляции и корразии, обуславливающих возникновение специфических форм дефляционно-корразионного рельефа.

Дефляционно-корразионные формы представлены ярдангами — узкими и длинными продольными (по отношению к ветрам) желобами, разделенными гребнями высотой до 6 и шириной до 9—40 м, каменными грибами, колоннами, арками, столбами, обелисками, каменными решетками (кружевными скалами), котлами выдувания (дефляционными котлами). Грибы образуются при разрушении горизонтально или субгоризонтально залегающих пластов пород разной устойчивости. Столбы, обелиски, башни, колонны, арки возникают обычно в слабо уплотненных осадках на склонах долин и возвышенностей.

Корразия часто проявляется в виде шлифовки поверхностей обломков и глыб. При переменных румбах ветров образуются пирамидальные или граненые валуны, многогранники, трехгранники.

Формы, созданные эоловой седиментацией

К этой категории относятся равнины, сложенные лёссами и лёссовидными породами эолового генезиса. Но подобные породы могут иметь и другой генезис (делювиальный, водно-ледниковый и т. д.). Задача исследователя — установить происхождение лёссов и лёссовидных пород и сложенных ими равнин. Задача сложная, и не всегда

ее можно решить. Поэтому нередко лёссовые равнины относят к формам проблематичного генезиса.

Осаждение осадков из воздуха предопределяет облекающий (покровный) характер аккумуляции. На ранней ее стадии древний погребенный рельеф «просвечивает» через лёссовый покров (в сглаженном виде), чего не наблюдается при большой мощности лёсса. Изучение морфологических особенностей лёссовых равнин должно сопровождаться исследованием процессов их преобразования (выравнивания, расчленения, превращения в лёссовое плато и т. д.).

Снежные формы

В результате перемещения снега ветрами создаются специфические формы рельефа. Ветер сдувает снег с возвышений рельефа, оголяя их, и переносит его в понижения. Если на пути находится какое-либо препятствие, то возникающие завихрения создают взаимосвязанные участки развевания и наветания. В результате образуются сугробы и карнизы. На открытых местах возникают поперечные или продольные по отношению к ветру формы. К поперечным относятся: 1) снежная рябь с длиной волны 20—80, высотой 20—25 см; 2) снежные волны с длиной 5—10 м и высотой 20—25 см. Продольные представлены: 1) застругами, или снежными барханами, в форме полумесяца с длинными рогами, вытянутыми по направлению ветра, значительно уплощенными; подобно барханам, их подветренный склон круче наветренного; 2) языковыми наносами, имеющими форму овала, вытянутого по ветру.

Б. А. Федорович [431] отмечает, что формирование тех или иных форм зависит от характера подстилающей поверхности, растительности, турбулентности, скорости, ускорения или торможения воздушного потока. Все эти условия должны быть подвергнуты изучению.

РЕЛЬЕФ МОРСКИХ БЕРЕГОВ

Изучение берегов морей и озер позволяет решить вопрос о роли морских и озерных трансгрессий и регрессий в формировании рельефа прилегающей к морю суши и мелководья и выявить динамику современных геоморфологических процессов в береговой зоне. Изучение древних и современных береговых линий вместе с анализом стратиграфии морских отложений позволяет определить роль тектонических движений литосферы и эвстатических колебаний уровня моря в формировании рельефа береговой зоны. Современная береговая линия представляет собой временный рубеж суши и моря, испытывающий в геологической истории значительные вертикальные и горизонтальные перемещения.

Для решения этих вопросов геоморфологические наблюдения должны проводиться как на побережье, так и в мелководной части моря. Изучение рельефа дна на больших глубинах ведется специально оборудованными судами. Однако результаты океанологических исследований (в виде геоморфологических карт и профилей,

карт донных осадков и т. п.) необходимо использовать для получения более полного представления об истории развития того или иного водного бассейна.

Тесная связь геоморфологического развития суши и мелководья отчетливо выявляется в равнинных районах. В этих случаях прибрежное мелководье иногда на многие десятки и сотни километров представляет собой затопленные субэаральные равнины. Озерно-аллювиальный и ледниковый генезис, например, имеют донные равнины в прибрежной полосе Северного Ледовитого океана.

Абразионные берега со скалистыми береговыми обрывами и узким пляжем менее благоприятны для получения материалов по истории развития морских бассейнов, так как на них удается провести наблюдения преимущественно над современными процессами волноприбойной деятельности. На таких берегах поэтому приобретает особенное значение изучение форм подводного рельефа: абразионной террасы, затопленных древних береговых линий и т. п.

Изучение береговых аккумулятивных форм позволяет сделать важные выводы о направлении и степени насыщенности вдольбереговых потоков наносов, а изучение минералогических ассоциаций, встречающихся в осадках пляжа, кос, пересыпей и т. п., дает возможность установить питающие провинции и дальность переноса осадков. Эти данные важны для оценки перспектив нахождения прибрежных россыпей полезных ископаемых.

Исследования современных абразионных и аккумулятивных процессов важны при сооружении портов, водохранилищ, создании пляжей в курортных зонах и т. д. При изучении геоморфологии и геологии береговой зоны широко используются наземные и подводные исследования и разнообразная аппаратура (эхолоты, геолокаторы, акваланги, водолазные приборы, вибропоршневые трубки и т. д.).

При описании геоморфологии берегов используются следующие понятия и термины [227]: *береговая линия* — линия пересечения поверхности моря суши; положение ее изменчиво во времени и пространстве вследствие длительно протекающих горизонтальных и вертикальных перемещений, вызванных тектоническими и эвстатическими причинами, быстрых и кратковременных приливно-отливных колебаний, охватывающих зону до 15 км по горизонтали и имеющих амплитуду до 15 м, а также сгонно-нагонных явлений, размыва и аккумуляции наносов; *берег* — узкая полоса суши, на которой имеются формы рельефа, созданные морем при данном среднем его уровне; *подводный береговой склон* — пространство, окаймляющее береговую линию со стороны моря, где сказывается воздействие волн; он ограничен линией среднего уровня моря и глубиной ощутимого волнового воздействия на рельеф дна; *побережье* — область с морфологически выраженными разновозрастными следами современного и древнего взаимодействия суши и моря; на суше оно ограничено пределами распространения поднятых морских террас, а на дне моря — границами затопленных или погруженных береговых линий.

Побережье подразделяется на три зоны (рис. 35): верхнюю — зону распространения древних форм рельефа морского происхождения или поднятых морских террас; среднюю — зону современного

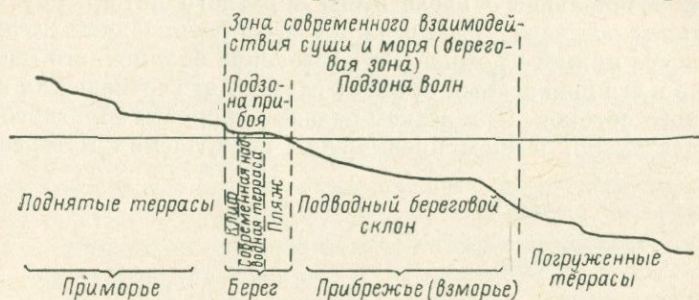


Рис. 35. Схема строения побережья, по О. К. Леонтьеву [227].

активного взаимодействия суши и моря или береговую зону побережья; нижнюю — зону погруженных (затопленных) древних береговых линий. Верхняя и нижняя зоны могут быть развиты не на всех побережьях.

Береговая зона побережья

Подзона прибойя. Основными объектами изучения в подзоне прибойя являются клиф, пляж, береговые валы и другие аккумулятивные и абразионные формы.

Формирование *клифа* (берегового обрыва) начинается с образования волноприбойной ниши, которая после обрушения нависающего карниза преобразуется в вертикальную стенку. По мере отступления клифа перед ним формируется пляж. Быстро отступают берега, сложенные рыхлыми осадками (несколько метров в год), с меньшей скоростью — в цементированных осадочных породах (несколько сантиметров в год) и с практически неуловимой за несколько десятилетий скоростью — в кристаллических породах [154, 226].

Необходимо выяснить, в какой из указанных стадий находится развитие берега, описать особенности клифа, сделать его зарисовку в поперечном профиле, выявить и изучить древние клифы, находящиеся на удалении от современного берега. По расположению последних можно получить представление о береговых линиях древних бассейнов. Изучение клифа обыкновенно сопровождается наблюдениями над абразионными останцами (кекурами). Они разнообразны по очертаниям и размерам и многочисленны у берегов, образованных стойкими породами. Если кекуры располагаются выше зоны современной волноприбойной деятельности, они являются свидетелями отрицательного движения береговой линии. Наоборот, абразионные останцы, стоящие вдали от берега, служат показателем интенсивной абразии, вызванной трансгрессией моря.

Пляж — скопление наносов в прибойной зоне, рельеф которого сформирован действием прибойного потока [235]. Пляж расположен в прибойной зоне и отличается исключительной динамичностью.

Образование его связано с прибойным потоком, вызывающим поперечное перемещение наносов. Этот поток под влиянием силы тяжести и фильтрации, избегая на пляж, постепенно затухает. Уменьшение скорости возникающего после этого обратного потока обусловлено фильтрацией вод через осадки пляжа и сопротивлением следующего набегающего прямого потока. Распределение обломочного материала на пляже и его поперечный профиль зависят от соотношения прямого и обратного потоков. При резком падении скорости обратного потока и, следовательно, резком превышении поступления материала над

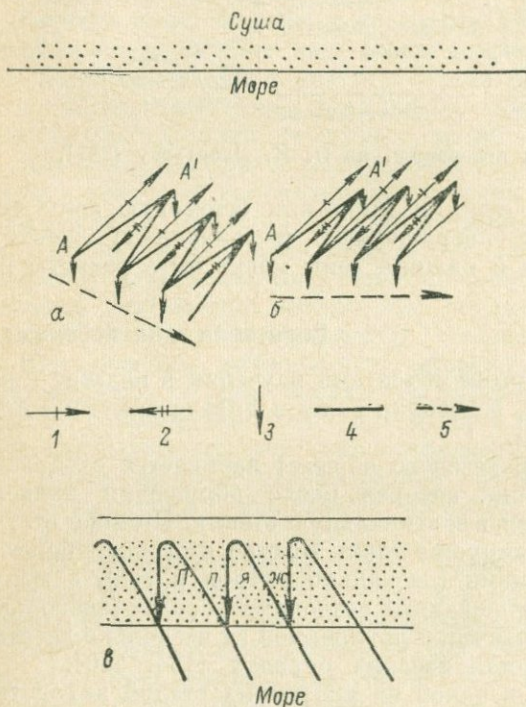


Рис. 36. Механизм продольного перемещения наносов, по О. К. Леонтьеву [227].

а — донное продольное перемещение в сочетании с поперечным; *б* — донное продольное перемещение (1 — направление прямых волновых импульсов, 2 — направление обратных волновых импульсов, 3 — вектор силы тяжести, 4 — траектория частиц наноса, 5 — общее направление перемещения частиц); *в* — береговое продольное перемещение.

расходом образуется выпуклый пляж. Если скорость обратного потока снижается постепенно, то часть принесенного на пляж материала выносится прибойным потоком и образуется вогнутый поперечный профиль, особенно характерный для песчаных пляжей. Если пляж испытывает длительное воздействие прибойного потока одинаковой силы и неизменного направления (по нормали к береговой линии), вырабатывается профиль равновесия. Однако такие условия устанавливаются ненадолго, и при изменении волнения вырабатывается профиль, отвечающий данным гидродинамическим условиям.

При косых волнах происходит продольное (вдольбереговое) перемещение наносов (рис. 36). Частицы обломочного материала (щебенка), лежащие на пляже, вовлеченные в движение прибойным потоком, совершают поступательное движение вдоль берега, описы-

вая асимметричные кривые, по форме приближающиеся к параболе. При прочих равных условиях путь перемещения частицы вдоль берега (l) пропорционален косинусу угла (α) подхода волны к берегу по формуле $l = m \cos \alpha$, где m — длина прямой составляющей прибойного потока. Наибольшая скорость перемещения щебенки размером 5—6 см достигает 108 м/сутки.

Изучение пляжа следует начать с определения его размеров, крутизны и описания особенностей микрорельефа. Затем выясняются вещественный состав отложений (механический и минералогический), степень окатанности обломочного материала, литологические особенности, фациальная изменчивость и т. п. Для определения полезных минералов в отложениях пляжа берут слухи, особенно в тех местах, где волновой сортировкой намечаются участки, обогащенные темнокрасными минералами. Данные о вещественном составе должны помочь решить вопрос о происхождении осадков пляжа (из местных пород побережья или из материала, приносимого реками и течениями) и о дальности переноса. Путем наблюдений за маркированными гальками определяют скорость переноса материала. Необходимо собирать остатки современной фауны для последующего сравнения с формами, находимыми в разрезах в погребенном состоянии. Наиболее благоприятна для сборов фауны подводная часть пляжа, которая осушается во время отливов.

Описание рельефа и характера отложений пляжа следует иллюстрировать схематическим или полуинструментальным поперечным его профилем, на котором необходимо показать особенности рельефа пляжа, уклоны и размеры отдельных его элементов, а также их связь с особенностями геологического строения.

При преобладании поперечной составляющей прибойного потока на низменных аккумулятивных берегах образуются широкие пляжи, окаймленные со стороны суши полосой *береговых валов*. Береговые валы (шириной до первых десятков метров и высотой 2—6 м) вытянуты вдоль моря иногда на многие десятки километров. На берегах с крутым и узким пляжем и скалистыми береговыми обрывами развиты обычно 1—2 вала, а на аккумулятивных побережьях — до нескольких десятков (на западном побережье Камчатки до 50, на западном побережье Сахалина до 10—12). Валы, расположенные ближе к морю, имеют четко выраженные склоны и гребень; удаленные от моря иногда переветрены и поросли растительностью и поэтому труднее распознаются в рельефе. Молодые и древние береговые валы и другие особенности рельефа побережья, не улавливаемые при наземных исследованиях, легко выявляются на аэроснимках и при аэровизуальных наблюдениях.

Если в исследуемом районе наблюдается несколько береговых валов, то большой интерес представляет их инструментальная или полуинструментальная нивелировка с составлением поперечного профиля (рис. 37). Если береговые валы близ берега моря ниже валов, удаленных от него, можно предположить недавнее поднятие побережья или регрессию моря; при обратном соотношении есть основание говорить об опускании побережья или трансгрессии моря;

равные высоты береговых валов свидетельствуют о стабильном положении суши и уровня моря.

При изучении береговых валов следует обратить внимание на механический, минералогический и петрографический состав слагающих их осадков, степень сортировки и окатанности материала. Эти данные позволяют решить вопрос, за счет разрушения или перетолжения каких пород возникли береговые валы.

При описании береговых валов необходимо отмечать характер покрывающей их растительности. Заращение древесной растительностью или кустарниками знаменует конечную стадию развития берегового вала. Если береговой вал обнажен, то важно выяснить степень его эоловой переработки. В результате дефляции может значительно понизиться первоначальная высота береговых валов и на отдельных участках измениться их форма, что следует учитывать при выводах о характере колебания береговой линии.

Если высота береговых валов уменьшается к берегу, то на дне лагуны или озера следует искать затопленные береговые валы.

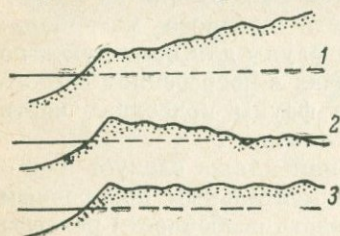


Рис. 37. Поперечные разрезы через серии морских береговых валов.

1 — на поднимающемся побережье, 2 — на опускающемся побережье, 3 — при стабильном положении суши и моря.

На древних береговых валах нередко находят следы культуры доисторического человека (керамику, каменные орудия и т. п.).

В результате преимущественно поперечного перемещения наносов в береговой подзоне образуются аккумулятивные террасы и береговые бары [227]. Если ровный берег окаймляется мелководьем с уклонами дна, позволяющими формироваться береговым и подводным валам (см. ниже), путем слияния этих форм происходит формирование аккумулятивных террас. Последние особенно часто встречаются в широких и открытых бухтах и заливах. Доказательством того, что терраса возникла в результате поперечного перемещения наносов, является ее геологическое строение (участвуют местные донные и береговые осадки, отсутствующие на смежных участках берега).

К этой же группе относятся береговые бары, развитие которых проходит три стадии: подводный бар, островной бар и береговой бар. В рельефе они выражаются в виде пересыпей, отделяющих от моря лагуны, или нешироких островов, вытянутых вдоль берегов иногда на огромное расстояние.

Важное значение при исследовании динамики морского побережья имеет изучение кос, стрелок, наволок, перейм (рис. 38). Эти формы образуются в результате донного и берегового продольного перемещения наносов. Оно возникает под влиянием господствующих ветров и волнения при распространении волн под острым углом

к берегу и зависит от силы волнения, угла подхода волн к берегу и от крупности переносимых частиц. Максимальное количество наноса, переносимого в единицу времени, называется емкостью потока, а количество материала, проходящее через данное сечение в единицу времени, — его мощностью. Если мощность потока равна его емкости, поток называется насыщенным. В последнем энергия волн расходуется на перемещение материала. Если поток не насыщен, часть его энергии тратится на размыв дна или берегового обрыва. При преобладании поступающего материала над емкостью потока наблюдаются аккумуляция осадков и образование аккумулятивных форм. То же происходит и при уменьшении емкости потока вследствие потери им скорости от встречных препятствий (выступы

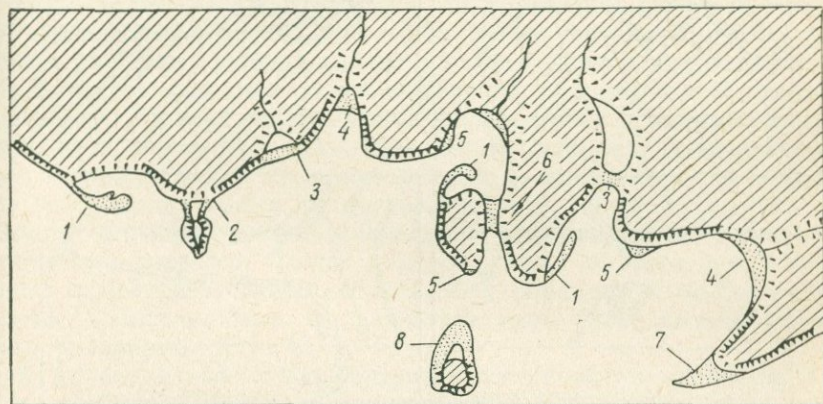


Рис. 38. Схема расположения различных форм у бухтового берега, по В. П. Зенковичу [154].
1 — коса; 2 — двойная перейма; 3 — пересыпь; 4 — терраса; 5 — наволок; 6 — перейма; 7 — стрелка; 8 — скобковидная коса.

берега, неровности подводного берегового склона), а также при его выходе на большие глубины.

По В. П. Зенковичу, при заполнении входящего угла (рис. 39) образуются примкнувшие аккумулятивные формы, при огибании выступа берега — свободные формы, при внешней блокировке берега — замыкающие формы. Сходно с последним случаем образуются аккумулятивные формы при общем падении энергии волнового поля в бухтах. Ряд примкнувших, свободных и замыкающих форм образуется при двустороннем питании. Свободные формы (двойные косы и стрелки) обычно образуются у выступа берега, к которому материал поступает с двух сторон, под действием двух поперечных систем волнений, имеющих примерно одинаковую балльность и повторяемость [227]. К замыкающим формам двустороннего питания принадлежат двойные пересыпи и двойные переймы. Среди аккумулятивных форм своеобразны петлевидные формы. Они образуются при блокировке берега прилегающей к нему отмелью или в результате

преобразования кос волнениями, имеющими направление, не совпадающее с направлением их роста.

Перечисленные выше аккумулятивные формы создаются как ветровыми вдольбереговыми, так и приливно-отливными течениями.

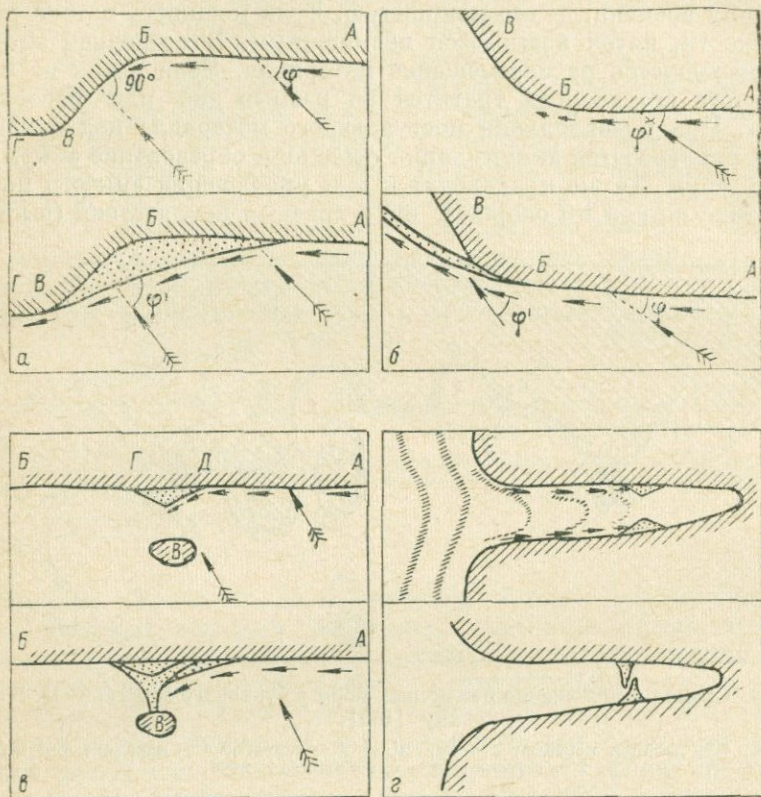


Рис. 39. Образование элементарных аккумулятивных форм морского происхождения [227]: а — при заполнении входящего угла, б — при огибании выступа, в — при внешней блокировке, г — при падении энергии волнового поля в бухте.

1 — направление волновой равнодействующей; 2 — направление перемещения наносов (длина стрелок соответствует скорости перемещения); 3 — фронт волны. А, Б, В, Г, Д — участки берега с различными проявлениями берегоформирующих процессов.

Определение направления и мощности потока наносов важно при проектировании береговых гидротехнических сооружений (волноломов, дамб), мероприятий по укреплению берегов и т. п. Дамбы затрудняют перемещение наносов вдоль берега, уменьшают емкость его потока и вызывают обмеление акватории близ инженерных сооружений. Применение волноломов для прекращения размыва берега, сохранения от размыва пляжей и т. п., напротив, вполне

целесообразно. Беглые геоморфологические наблюдения не могут дать исчерпывающие сведения о динамике берегов для проектирования гидротехнического строительства. Необходима организация специальных инженерно-геологических партий с обязательным участием специалистов-геоморфологов.

Подзона волн. При изучении подзоны волн основные фактические данные могут быть получены путем дешифрирования аэрофотоснимков прибрежного мелководья, использования материалов специальных гидрографических исследований с применением эхолотов, геолокатора, с помощью водолазных наблюдений.

Теория формирования поперечного профиля и рельефа подводного берегового склона изложена в трудах В. П. Зенковича [152] и О. К. Леонтьева [226, 227].

Если волны распространяются по нормали к берегу в течение долгого времени с неизменной силой, то на подводном откосе, имеющем одинаковый уклон и сложенном однородными осадками, в нижней части наблюдаются вынос материала и перемещение его вниз по склону, а в верхней, где волна асимметрична и прямая скорость превышает обратную, происходит вынос материала в направлении берега. Между этими крайними зонами располагается так называемая нейтральная линия, на которой частицы грунта вследствие равновесия сил совершают колебательные движения около некоторого среднего положения. Таким образом, выше и ниже нейтральной линии происходит вынос осадков, а у верхнего и нижнего края склона — аккумуляция. В результате этого будет выработан профиль равновесия (рис. 40, а, б, в).

Если подводный откос образован устойчивыми породами (кристаллическими, плотными глинами и т. п.) и имеет одинаковый уклон и значительную крутизну, происходит выработка абразионного профиля. Берег в этом случае более приглуб, и волны доносят до береговой черты значительную энергию, способную производить огромную разрушительную работу. В результате удара волн происходит образование волноприбойной ниши и клифа, по мере отступления последнего возникает абразионная прибрежная платформа. На идеальном абразионном профиле равновесия уклоны уравниваются размывающую силу волнения на всех его участках, и поэтому в любой его точке не будет ни абразии, ни аккумуляции материала (рис. 40, г, д, е).

В природе (вследствие изменчивости волнения, а также сложности геологического строения побережья) на профиле подводного берегового склона состояние равновесия устанавливается редко и на короткий срок. Поэтому О. К. Леонтьев [227] считает, что понятие «профиль равновесия» имеет условное значение, характеризующее лишь такое состояние, к которому стремится кривая профиля, но которого она практически не достигает. Вследствие разнообразия природных условий может существовать множество типов профилей отлогого аккумулятивного берега и профилей абразионных берегов.

Характерные и наиболее доступные формы внешней части подводного берегового склона — подводные песчаные валы, хорошо

различаемые на аэрофотоснимках. Вытянутые вдоль берега параллельными рядами (до 2—7 валов), они протягиваются на большие расстояния. В. П. Зенкович [152] считает, что валы образуются

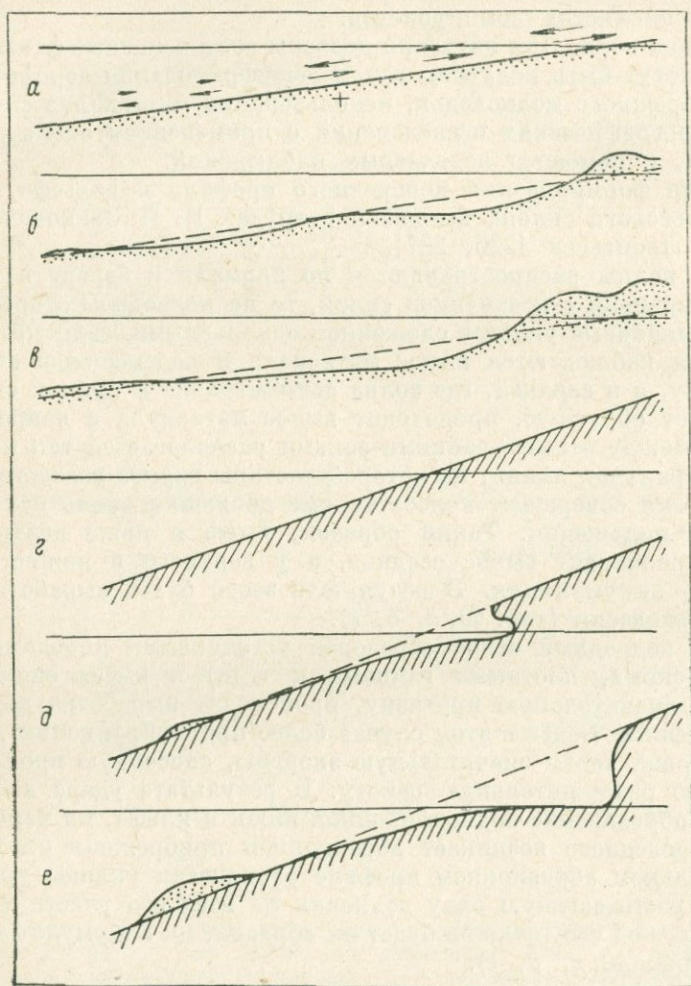


Рис. 40. Схема выработки профиля равновесия склона, сложенного наносом (а, б, в), и абразионного склона приглубого берега, сложенного коренной породой (г, д, е), по О. К. Леонтьеву [227].

Стрелками показано движение частиц наноса при прямых (нижние стрелки) и обратных (верхние стрелки) волновых движениях; крестик указывает на положение нейтральной линии.

в зоне забурунивания, где происходит частичное разрушение волны, резкое уменьшение скорости и выпадение наносов. На мелководье существует несколько зон забурунивания. Поэтому подводные валы встречаются обыкновенно не единично, а параллельными рядами.

Изучение морфографии мелководья по аэрофотоснимкам дает много ценных данных [330, 460]. Даже незначительные неровности рельефа дна (вплоть до отдельных глыб и валунов) хорошо дешифрируются на снимках масштабов 1 : 10 000, 1 : 5000 и 1 : 3000. Описание рельефа и его количественная характеристика в этом случае могут быть проведены с большой точностью.

Кроме подводных валов в подзоне волн при наличии потока наносов, вогнутостей и выступов в рельефе дна могут развиваться подводные аккумулятивные формы, сходные с береговыми косами, пересынями и т. п. [227].

Верхняя зона побережья

В этой зоне развиты древние формы морского происхождения. Среди них основная роль принадлежит *террасам*. Изучение последних начинают с определения их формы, размеров и высоты волноприбойной линии, возникающей при пересечении слабо наклоненной пляжевой поверхности (или поверхности древней террасы) с береговым обрывом (клифом) и отмечающей верхнюю границу абразии.

Рельеф террасы изучают путем пересечения ее перпендикулярно к берегу моря и построения нескольких нивелировочных профилей. Данные нивелировки привязывают к реперам, а при их отсутствии — к уровню наивысшей прибойной линии во время прилива. При изучении рельефа террасы и определении деформаций древних береговых линий нивелирные ходы следует располагать чаще для получения возможно большего числа замеров. Нивелировкой определяют высоту бровки террасы и ее тылового шва (или волноприбойной линии). Высота бровки непостоянна, меняясь в результате размыва различных участков террасы. Высота тылового шва террасы более постоянна, но меняется при напознании делювия или нарастания торфа. Поэтому для определения высоты волноприбойной линии шурфами или буром проходят толщи торфа и делювия, определяя их мощность. В местах развития морен береговые линии часто обозначаются нагромождениями отпрепарированных валунов вдоль древних абразийных уступов. В районах с маломощным покровом морены волноприбойные линии отмечаются зонами скальных пород, выше и ниже которых расположены участки, сохранившие моренный покров.

Высоты древних волноприбойных линий используются для построения *эпейрогенического спектра* (проекции древних, деформированных неравномерными эпейрогеническими поднятиями береговых линий на вертикальную плоскость, ориентированную по линии поднятия *) и карты изобаз (линий, соединяющих точки одинакового поднятия местности). Для построения первого по линии поднятия с большим количеством волноприбойных знаков проводят вертикальную плоскость до пересечения ее с уровнем современного моря (рис. 41). По профилю определяют отметки береговых линий, датированных различными методами. Замеры береговых линий проецируют

* Линия поднятия — линия, перпендикулярная к изобазам.

в горизонтальном направлении на вертикальную плоскость, принимая основание ее за абсциссу, а высоту — за ординату. На абсциссе откладывают пункты замеров береговых линий, а на ординате — высоты их. Затем синхроничные береговые линии соединяют прямыми линиями или линиями эпейрогенического спектра. Последние из-за увеличения поднятия от периферии к центру расходятся в том же направлении (рис. 41).

Геологическое строение террас изучают в обнажениях по берегу моря и в долинах рек и ручьев, расчленяющих морские террасы. При слабой обнаженности необходимо делать расчистки, бурить скважины, сопровождая их отбором образцов. Нередко наблюдаемые на берегу моря террасы являются не морскими, а речными и флювиогляциальными. Такие террасы расположены, как правило,

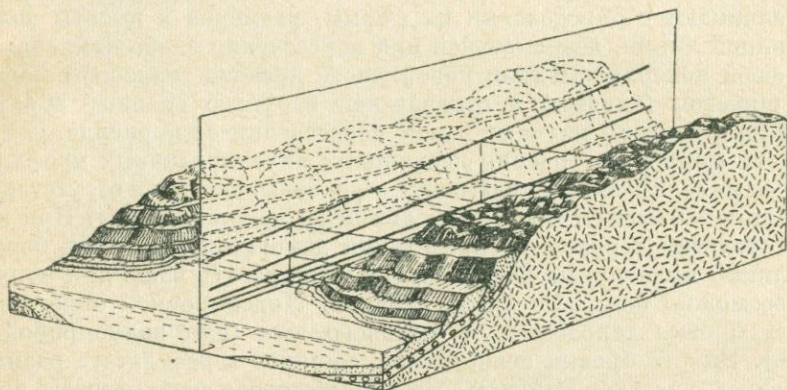


Рис. 41. Блок-диаграмма, показывающая метод построения эпейрогенического спектра древних береговых морских линий.

вблизи устья рек и продолжают вверх по их долинам. Если терраса следует строго вдоль побережья, окаймляя его, с большой долей вероятности можно предположить ее морской генезис. Однако решающее значение имеют находки остатков автохтонной морской фауны и флоры среди террасовых отложений. Следует учитывать, что нередко наблюдаемые на поверхности или в верхней части разреза террасы раковины моллюсков могут быть заброшены ветром во время сильных штормов или занесены птицами. В других случаях, например, по берегам Амурского залива в районе Владивостока, наблюдаются скопления раковин съедобных моллюсков, совместно с керамикой, кремнистыми отщепами, каменными орудиями древнего человека, что никоим образом не свидетельствует о морском генезисе террас.

При изучении верхней зоны побережья необходимо использовать материалы аэрофотосъемки и провести аэровизуальные наблюдения. По аэрофотоснимкам легко закартировать не только основные элементы рельефа, но и их детали (поверхности и уступы террас, бровки и тыловые швы, береговые валы, дюны, абразионные террасы). Эти формы легко распознаются на снимках масштабов

1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 60 000. Большую пользу приносят полеты на самолетах По-2 и Як-12 над побережьем, особенно на участках, где берег непроходим и недоступен для наземных наблюдений. Полеты ниже высоты береговых обрывов позволяют вести наблюдения над геологическим строением и фотографировать перспективной камерой сплошные разрезы.

Зона погруженных (затопленных) древних береговых линий

Верхняя граница зоны ограничена максимальными глубинами, на которых сказывается рельефообразующее действие волн, нижняя же граница расположена на глубине 100—200 м. Для получения данных о геоморфологическом строении этой зоны необходимо организовать исследования с использованием плавсредств и специальной аппаратуры. Чаще всего применяется эхометрическая съемка, позволяющая с большой точностью составить профили рельефа дна. При большом числе профилей можно получить достаточно ясное представление не только об основных элементах донного рельефа, но и о второстепенных. Промеры глубин сопровождаются отбором проб донных осадков дночерпателем или вибропоршневыми трубками. Методика океанологических исследований подробно изложена в ряде трудов [227, 274, 420, 460].

Целесообразно использовать геолокатор ВИТР, с помощью которого изучают профиль дна, его геологическое строение на глубину до нескольких десятков метров. Применение его на мелководье Каспия дало хорошие результаты. При распространении осадочных толщ с чередованием пачек различной плотности на профиле отчетливо отражаются особенности геологической структуры: моноклинальное залегание пород, антиклинали и т. п. Использование этого прибора на мелководьях морей, особенно в нефтегазоносных районах, очень перспективно.

Геоморфологическое изучение побережья важно для решения вопроса о тектоническом развитии исследуемой территории в плейстоцене и голоцене и его современных тенденциях. Следует отметить, что в этой области геоморфологического анализа допускается много ошибок, в результате чего одни и те же факты истолковываются по-разному. Так, например, наличие дельт, висячих долин, подводных валов и баров, лагун, развитие аккумулятивных процессов рассматриваются как признаки поднятия берега, а интенсивная абразия и образование эстуариев — как признаки погружения. Однако указанные особенности рельефа свойственны как поднимающимся и опускающимся, так и стабильным берегам [227].

Многие исследователи, говоря о современном тектоническом развитии побережья, в то же время используют данные, позволяющие судить только о движениях на протяжении плейстоцена. Так, например, серии поднятых террас они приводят в качестве доказательства современного поднятия побережья. В действительности этот факт говорит о том, что в прошлом было понижение береговой линии (что могло произойти как в результате поднятия побережья, так и

при опускании уровня моря). Таким образом, наличие морских террас вовсе не является показателем современного поднятия.

Крайне сложно оценить в отдельности роль тектонических движений и эвстатических колебаний уровня океана. В специальной литературе рассматривается суммарный эффект этого взаимодействия, выражающийся в относительном повышении или понижении береговой линии. Широкое региональное распространение равного количества морских террас одних и тех же уровней на побережьях ряда морей свидетельствует о преобладании эвстатического фактора над тектоническим. Другим примером может служить западное побережье Сахалина, где в результате тектонических движений террасы испытали значительные деформации и их высота крайне изменчива.

При понижении береговой линии развитие берега в самом общем виде заключается в следующем: «При понижении уровня глубина уменьшается, профиль подводного склона становится «выше» профиля равновесия. Волны с большей интенсивностью воздействуют на среднюю часть склона, выносят отсюда материал — отчасти вниз по склону, но главным образом вверх по склону, к берегу. Понижение уровня, таким образом, имеет следствием развитие процесса поперечного перемещения материала, усиление аккумуляции у береговой черты за счет выбрасывания наносов со дна, смещение границы песчаных и глинистых наносов в сторону моря за счет отложения песчаных наносов, выносимых вниз по склону, на илистых отложениях, ранее при больших глубинах находящихся в состоянии покоя. Если имеется постоянное поступление наносов в береговую зону, то в ходе поднятия происходит прогрессирующее нарастание берега, обуславливающее расширение аккумулятивных форм» [227, с. 380—381].

В случае понижения береговой линии абразионного берега, профиль которого близок к теоретическому профилю равновесия, прекращается размыв клифа и образуется поднятый бенч. Вследствие отместности берега (море абрадирует пологую поверхность бенча) абразионный процесс затухает и при условии поступления наносов берег может превратиться в аккумулятивный.

Если при понижении береговой линии отсутствует приток наносов вдоль берега и аккумулятивные формы создаются за счет поступления (выброса) донных осадков, на дне могут обнажиться коренные породы и из-за дефицита наносов начнется размыв аккумулятивных форм. По установившимся в этом случае динамическим условиям и без учета сложности процесса можно прийти к неправильному выводу о поднятии береговой линии и трансгрессии моря.

При относительном повышении береговой линии глубины близ берега увеличиваются, абразия усиливается. Подводный береговой склон приобретает вогнутый кверху и постепенно выполаживающийся к берегу профиль. При этом скорость размыва и отступания берега зависит от скорости поднятия береговой линии и интенсивности процесса выполаживания профиля.

На аккумулятивных берегах погружение не всегда способствует размыву берега [227]. Создание аккумулятивных форм будет продолжаться и при поднятии уровня моря, если имеется значительный запас донных наносов или сохраняется поступление материала вдоль берега, а уклоны затопленной поверхности близ берега малы. Не произойдет усиления абразии и при затоплении абразионного берега, если новая береговая линия будет пересекать отлогие поверхности берегового склона, крутая же часть профиля окажется погруженной на большие глубины.

По мнению В. П. Зенковича [153], надежным признаком погружения берега, сложенного рыхлыми различными по составу толщами (морены, валуны, суглинки и т. п.), является развитие глыбового бенча на значительных глубинах на большом удалении от берега.

Хорошим индикатором современных тектонических движений, как указано выше, являются береговые валы. Для определения величины современных движений в большинстве случаев пользуются результатами повторных нивелировок [227]. Помощь могут оказать и археологические наблюдения. Так, например, раковинные кучи с неолитической керамикой и каменными орудиями племен «сушень» и «илоу», живших 4000—3000 лет назад, расположенные вдалеке от современного берега моря у подножия древних клифов, позволяют предположить, что западное побережье Амурского залива в Владивостока поднимается со скоростью 3—7 см в столетие [86].

КАРСТОВЫЕ, СУФФОЗИОННЫЕ И ОПОЛЗНЕВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

Карстовые, суффозионные и оползневые формы рельефа связаны с деятельностью подземных вод. В их образовании участвуют также линейная и плоскостная эрозия и гравитационное перемещение материала (обваливание, обрушивание, оседание, сползание, осыпание). Изучение этих форм важно для хозяйственной деятельности человека (при постройке и эксплуатации гидротехнических сооружений, промышленных и жилых зданий, дорог, шахтного строительства и т. д.). С некоторыми карстовыми формами связаны месторождения бокситов, фосфоритов, нефти и газа, минеральных красок и других полезных ископаемых. Многие пещеры используются для туристических целей.

Карстовые формы рельефа

Карстовые формы образуются на поверхности и в толщах растворимых горных пород (известняков, доломитов, гипсов, солей и т. д.) в результате процессов коррозии (т. е. химического растворения и выноса веществ) и эрозии. Описание и условия формирования карстовых форм можно найти в ряде капитальных работ, посвященных карсту [95, 146, 243, 384].

Кластокарстом [243] называют карстово-суффозионные формы, образующиеся в рыхлых мергелистых, гипсоносных, песчано-глинистых породах, песчаниках и конгломератах с растворимым цементом.

В их образовании участвуют как коррозия, так и суффозия, под которой понимают процессы механического отрыва, захвата и выноса обломочного материала. *Глинистый карст* относится к категории псевдокарстовых образований, так как возникает при эрозийном размыве глинистых пород, и здесь не рассматривается. *Термокарст* образуется при протаивании мерзлых пород и описывается в разделе, посвященном характеристике мерзлотных (криогенных) форм рельефа.

Условия формирования карста. При геоморфологических исследованиях карстовых областей необходимо анализировать следующие геологические и географические условия образования карста.

Геологические условия: 1) распространение карстующихся пород на изучаемой территории; 2) типы карстующихся пород, их химический, гранулометрический, минералогический состав, пористость, кавернозность, наличие нерастворимого остатка, степень способности к карстованию; 3) мощность пластов карстующихся пород, обуславливающая развитие глубокого или мелкого карста (в первом случае при значительной, а в последнем — при незначительной мощности карстующихся пород); 4) переслаивание карстующихся пород с некарстующимися, вызывающее одновременное развитие многоэтажного карста; 5) характер и степень дислоцированности карстующихся пород; для развития карста наиболее благоприятно горизонтальное или полого моноклиналиное залегание пород, однако карст развивается и в складчатых толщах; 6) характер и типы трещиноватости карстующихся пород, обуславливающие возможность циркуляции воды и развитие по системам трещин карстовых полостей; 7) отсутствие или наличие рыхлого покрова на карстующихся породах, вызывающее формирование «голового» (в первом случае) или «покрытого» (во втором случае) карста; мощность рыхлого покрова, возраст, состав, наличие связанных с ним суффозионных форм на поверхности (следует иметь в виду, что покров рыхлых пород консервирует карстовые формы на поверхности карстующихся пород, но не прекращает развития карста внутри последних); 8) характер тектонических движений (поднятия интенсифицируют развитие карста, погружения сокращают сферу карстообразования, стабильный режим приводит к расширению карстовых форм на уровне базиса эрозии и т. д.); 9) положение изучаемого района в схеме геоструктурного районирования (платформа, складчатая область, геосинклиальная область и т. д.).

Географические условия: 1) расположение изучаемого района в орографической и геоморфологической схеме более обширной территории; 2) общий характер рельефа как карстующихся, так и некарстующихся участков на исследуемой территории; 3) к каким элементам рельефа приурочены карстовые формы (плато, склоны долин и т. д.), если они наклонены, каковы углы падения, экспозиция по странам света и т. д. (наилучшие условия для карстообразования существуют на плато и пологих склонах, примыкающих к долинам рек); 4) наблюдается ли ярусное залегание карстовых форм, если исследуемый район имеет горный рельеф; 5) особенности

климата; температурный режим, осадки, наличие или отсутствие многолетней мерзлоты, изменение климата в геологическом прошлом; 6) характер современной гидрографической сети в карстующихся и некарстующихся участках; 7) следы древней гидрографической сети и ее эволюция в геологическом прошлом; 8) поверхностные и подземные воды, их типы, взаимодействие, поступление и расходование вод в результате дренажа; особенности поверхностного стока в зоне питания, характер циркуляции вод в карстующихся породах; особенности зоны выхода вод (наблюдение над особенностями поверхностных и грунтовых вод должны быть длительными и охватывать различные времена года, во всех других случаях следует делать только предположительные выводы); пути движения вод (нередко с применением сильных красителей); представляют ли воды обособленные водотоки или связаны с грунтовыми водами; химизм вод и т. д.; 9) почвенно-растительный покров и его влияние на карст; 10) процессы выветривания (механического и химического) и их роль в карстообразовании; полезные ископаемые, связанные с корами выветривания; 11) роль коррозии, глубинной и боковой эрозии, значение *базиса эрозии* — горизонтального уровня, проходящего через наинизшую точку главной дрены, к которому привязано формирование карста выше уровня грунтовых вод; 12) роль коррозии и эрозии грунтовых вод ниже базиса эрозии; значение *базиса карста* [361], т. е. наинизшего уровня, до которого возможно движение воды в карстующейся породе, и *базиса коррозии* — водоупорного слоя в подошве карстующейся породы; 13) положение базисов эрозии, карста и коррозии в настоящее время и их изменения в геологическом прошлом.

Карстовые формы подразделяются на скульптурные и аккумулятивные. По характеру распространения, генезису, морфологическим особенностям, характеру формирующих их вод и других карстообразовательных процессов в карстующемся массиве различают четыре зоны: 1) наземного карстового рельефа (карстовые водоразделы, карры, воронки, поля), или субгоризонтального свободного гравитационного наземного движения вод; основные агенты карстообразования — дождевые, талые снеговые воды, транзитные реки; 2) вертикальных полостей (закарстованные трещины, колодцы, естественные шахты, поноры, «пропасти»), или нисходящего движения вод, происходящего свободно под влиянием гравитации (иногда под напором); местами наблюдаются «подвешенные» или «висячие» реликтовые субгоризонтальные водотоки на местных водоупорных породах; 3) субгоризонтальных полостей (пещеры, галереи, каналы со сталактитами, сталагмитами и т. д.), объединяющая зону колебания уровня карстовых вод (переходную) и зону свободного горизонтального движения карстовых вод или зону полного насыщения, находящуюся в сфере дренирующего воздействия местной гидрографической сети; 4) подземно-подводного карстового рельефа (полости, каналы, каверны) ниже базиса эрозии, глубинного движения карстовых вод (в верхней части свободного гравитационного, в нижней — под напором).

К этой же зоне карстообразования относится зона сифонной напорной циркуляции.

Скульптурные формы развиты во всех указанных выше зонах.

В процессе геоморфологической съемки исследователю чаще всего приходится сталкиваться с изучением *наземных форм карста*. При этом применяется обычная методика полевых работ (см. гл. I). При изучении морфографии, морфометрии, генезиса и возраста карстовых форм пользуются методами, обзор которых дан в главах II и III. Исследование наземного карста ведется с детальностью, соответствующей поставленным задачам при проектировании работ.

Одновременно с изучением геологических и географических условий карстообразования собираются материалы по морфологии, генезису и возрасту как отдельных карстовых форм, так и их сочетаний, анализ их соотношений друг с другом и формами иного происхождения.

При изучении рыхлых отложений, выполняющих отрицательные формы карста, и карстующихся пород берут серии образцов для лабораторного изучения их гранулометрии, петрографического, минералогического и химического состава, физических свойств и других анализов. Особое внимание обращают на обоснование возраста отложений и форм рельефа, что необходимо для реконструкции этапов развития карста. Важнейшее значение имеет выяснение перспектив хозяйственного освоения карстовых районов и поисков полезных ископаемых, связанных с карстом (газ, нефть, бокситы, минеральные краски и др.).

В результате исследований должны быть выяснены типы карстовых форм и их сочетаний, закартировано их распространение, изученная территория по особенностям карстообразования разбита на районы, выработаны рекомендации по решению практических вопросов.

В карстовых областях развиты как положительные, так и отрицательные скульптурные карстовые формы. Первые распространены преимущественно на водоразделах карстовых областей, которые и сами должны относиться к этой же категории, вторые развиты между водоразделами, занимая пониженные участки рельефа, встречаясь также и в пределах водоразделов.

Изучению должны подвергаться: 1) рельеф водоразделов карстовых областей, представленный скульптурными равнинами, плато, хребтами, грядами и т. п., макро-, микроформы и их элементы, развитые в пределах водоразделов — а) склоны, б) карстовые останцы (башенный карст, сахарные головы, мозоры и т. д.); в) карровые (или шраттовые) поля (карры — сложно переплетающиеся борозды, канавки, желоба глубиной от нескольких сантиметров до 1—2 м, разделенные острыми гребнями); г) часто встречающиеся карстово-суффозионные и карстово-эоловые формы в виде грибообразных скал, ступенчатых склонов, ниш, пещер на склонах, куэстоподобных гряд, естественных арок; д) реликты рельефа иного генезиса (обрывки речных русел, останцы поверхностей выравнивания, нередко с древними корами химического выветривания);

2) провалы, образующиеся над подземными карстовыми галереями на водоразделах, днищах долин, суходолов, пологих склонах; 3) карстовые воронки или «дблны» — цилиндрические, конусообразные, блюдцеобразные, с устьями поноров, нередко закрытыми (поперечники от 1—2 до 100—200 м, глубина от нескольких десятков сантиметров до 25 м и более); различают воронки поверхностного выщелачивания, просасывания и провальные; 4) карстовые котловины (увалы, донгасы) — понижения с поперечником более 100—200 м и глубиной более 5—10 м — переходные формы между воронками и полями; различают котловины коррозионные, коррозионно-эрозийные и провальные; 5) карстовые овраги, возникающие из соединения карстовых котловин, расположенных цепочками; 6) поля — замкнутые впадины (шириной и длиной до нескольких десятков километров) с крутыми бортами, дренируемые источниками, питающими реки, которые поглощаются затем понорами; иногда заполнены водой, периодически высыхающие или постоянно сухие. Предполагают, что поля образуются различными способами: а) опусканиями по трещинам или вследствие прогибания; б) механическим вымыванием некарстующихся пород, залегающих в карстующемся массиве; в) слиянием смежных воронок и котловин; г) в результате провала свода подземных галерей. Вопрос о генезисе полей должен решаться в каждом конкретном случае.

Следует вывить особенности речной сети карстовых районов и образуемых ею форм. Обычно она характеризуется слабой разветвленностью, наличием суходолов, полуслепых, слепых (воды их поглощаются понорами) и мешкообразных (с крутым уступом в верхней части, обращенным вниз по течению) долин, наличием только крупных рек, являющихся дренами карстовых вод, резким изменением характера долин при входе в карстовую область и выходе из нее [357]. Некоторые из рек имеют каньонообразные долины, образование которых обуславливается то регрессивной эрозией, то эпигенетическим или antecedentным врезом. Реки в карстовых областях обычно не меандрируют, этому мешает сеть водопоглощающих понор. Во многих случаях заложение долин определяется системами макротрещиноватости.

В карстовых районах широко распространены восходящие, нисходящие и перемежающиеся источники.

Изучение погребенного (некогда бывшего наземным) карста ведется палеогеоморфологическими и геологическими методами с применением искусственных выработок, бурения, геофизических методов (см. главы II и III). С погребенными карстовыми формами в ряде районов связаны нефтегазовые месторождения [423].

Изучение подземных форм не входит в комплекс геоморфологической съемки, составляя задачу специализированных карстоведческих исследований. Весь персонал партии (отряда) должен пройти инструктаж и тренировку по технике безопасности при работах в подземных карстовых полостях и иметь специальную одежду и снаряжение.

В зоне вертикальных полостей исследуют: 1) поноры — подземные вертикальные каналы, прямые, извилистые или коленчатые с меняющимся сечением, не превышающим 0,5—1 м, и глубиной до нескольких метров; различают поноры-щели, колодцеобразные и воронкообразные поноры; 2) карстовые колодцы — каналы с поперечником более 1 м и глубиной более 10 м; 3) карстовые шахты (глубиной до нескольких сотен метров) и «пропасти» (глубиной до 1 км и более), в которые могут открываться поноры.

Эти формы образуют генетический ряд последовательно сменяющихся друг друга образований, формируемых стекающей сверху водой. Необходимо определить местонахождение их устьев (на дне воронки, на водоразделе, на склонах или днищах долин и т. п.), расположены ли они цепочками или единично, связаны ли с трещинами в карстующихся породах, их размеры, форму, куда открываются (в подземные галереи, теряются в трещинах карстующейся породы и т. д.), используются ли они постоянными или периодически действующими потоками или являются сухими, с какими подземными источниками или реками связаны (для этого используют метод окрашивания воды). В образовании перечисленных форм участвуют кроме коррозии также процессы речной эрозии, гравитационное осыпание и обваливание кластического материала со стенок трещин, провалы и обрушивания.

Описываемые формы в многоэтажном глубоком карсте развиты между этажами, соединия их.

В ниже расположенных зонах карстовых массивов развиты подземные карстовые формы в виде субгоризонтально расположенных пещерных галерей, туннелей, каналов, соединяющих камеры, залы, пропасти разных размеров и форм. Описание этих форм должно сопровождаться составлением поперечных и продольных разрезов и перспективной (маркшейдерской) съемкой сети подземных галерей. Сопоставление плана последних с геоструктурными материалами, а также непосредственные наблюдения обычно указывают на тесную связь их с системой разрывных нарушений. Изучая субгоризонтальные полости, необходимо обратить внимание, текут ли по их днищам подземные потоки, а если они сухи, то имеются ли следы глубинной и боковой эрозии. Если ответы на эти вопросы положительны и исследуемая субгоризонтальная галерея наклонена к устью главной дрены, являющейся базисом эрозии для карстующегося массива, то можно предполагать ее коррозионно-эрозионное происхождение. Дальнейшая эволюция подобной галереи сводится к расширению ее, образованию обширных провалов и появлению пещерных рек на земную поверхность (в мелком карсте).

Происхождение отдельных камер пещерных галерей может быть различным: 1) расширение нижних концов понор, колодцев, шахт, пропастей вследствие коррозии; 2) подземные обвалы сводов галерей (в этом случае наблюдаются насыпные конусы или холмы на дне, переграждающие путь реке и ведущие к образованию сифонов).

Из микроформ на стенках можно наблюдать кружевную резьбу, или подземные карры.

В глубоком карсте обычно наблюдается несколько этажей субгоризонтальных галерей, например в Мамонтовой пещере, в США, их пять.

Широко распространены закарстованные (расширенные растворением) трещины. Их изучение помогает расшифровать системы дизъюнктивных нарушений, разбивающих карстующиеся массивы, и выделить из них основные.

Формы зоны подземно-подводного рельефа, развивающиеся между базисом эрозии и базисом карста, слабо изучены. Они представлены в основном полостями, каналами, сифонами, заполненными водой и образующими сложную сеть подземных полостей, заложение

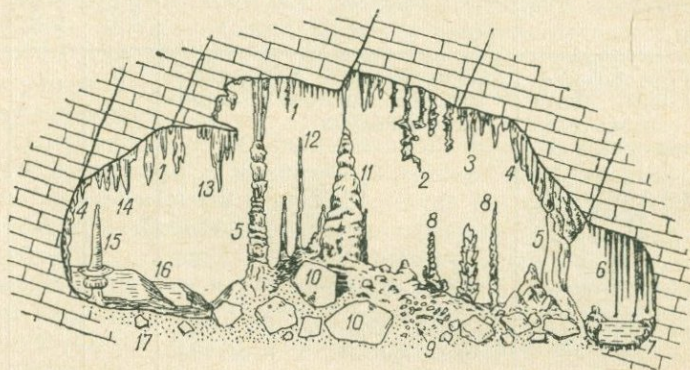


Рис. 42. Обобщенная схема пещерных отложений и слагаемых ими форм рельефа, по К. А. Горбуновой.

1 — сталактиты с различными утолщениями и разветвлениями, 2 — геликтиты, 3 — сталактиты луковичеобразной формы, 4 — бахрома и занавеси, 5 — сталагматы (столбы и колонны), 6 — сталактиты-трубки (брчки), некоторые с оторочками, 7 — озерко с кальцитовыми выростами и обрамлением, 8 — сталагматы различной формы, 9 — «пещерный жемчуг» (кальциевые пизолиты), 10 — глыбы, 11 — сталагмит сложный, 12 — сталагмиты-палки, 13 — сталактиты конусообразные, 14 — сталактиты ребристые, 15 — сталагмит «подсвечник», 16 — кальцитовые плотинки озера, 17 — песчано-глинистые отложения.

которой предопределено характером трещиноватости. При тектонических поднятиях эти формы, попадая в зоны нисходящего или субгоризонтального движения вод, преобразуются в перечисленные выше образования, характерные для этих зон.

Изучая аккумулятивные формы, связанные с карстовым рельефом, необходимо выявить их генетические типы, морфологические особенности, особенности распространения, время образования, геологическое строение. При этом особое внимание обращается на возможность открытия в пещерных и подземных отложениях остатков млекопитающих и культуры древнего человека, которые могут датировать вмещающие их осадки. Нередко с отложениями, выполняющими карстовые формы, связаны полезные ископаемые (бокситы, минеральные краски и т. д.), и, чтобы их выявить, необходимо взять пробы.

Перечень наиболее распространенных аккумулятивных форм, связанных с определенными генетическими типами отложений, приводится в табл. 4 и на рис. 42.

Генетические типы отложений, связанных с карстом, образуемые ими формы рельефа и их распространение в различных зонах

Генетические типы отложений	Формы рельефа	Распространение форм аккумулятивного рельефа в зонах		
		первой (поверхностной)	второй и третьей (аэрации)	четвертой (полного насыщения)
Элювиальные образования (глины, terra rossa, доломитовая мука, карстовый щебень и др.)	Аккумулятивные площадки в каррах, карстовых воронках, ложбинах	+	+	+
Делювиально-коллювиальные отложения (глинисто-щебенчатый материал)	То же	+	+	+
Аллювиальные отложения (глины, суглинки, песок, галечники)	Террасы карстовых рек и водотоков, плоские днища пещер, заполненные аллювием каналы и карстовые полости	+	+	+
Озерные отложения (глины, песок, галечник)	Террасы вокруг карстовых озер, плоские равнинные участки на месте осушенных озер	+	+	+
Гравитационные отложения (глыбы, щебень, обломки)	Бугристо-холмистый и конусный обвальный и осыпной рельеф на днищах и у стенок карстовых полостей	+	+	+
Хемогенные отложения а) натечные образования (бикарбонаты, гипс, соли барита и др.)	а) сталактиты, сталагмиты, сталагматы, занавеси и т. д.	—	+	—
б) выпадающие из растворов кристаллы, оолиты, пизолиты, «пещерный жемчуг»	б) кристаллы на стенках карстовых полостей, аккумулятивные площадки на неровностях дна полостей	—	—	+
Криогенные образования (пещерный и трещинный лед)	Ледяные кристаллы, сталактиты, сталагмиты, колонны, кора обледенения, плоские ледяные днища пустот	—	+	—
Органогенные отложения (фосфориты, гуано, костяные брекчи)	Бугры гуано высотой до 1,5—2,0 м, «гуановые горшки» и т. д.	—	+	—
Антропогенные отложения (культурные слои)	Отдельные небольшие неровности пола пещер	—	+	—

Примечание. Знак плюс — присутствие форм, знак минус — отсутствие.

Этапы развития и возраста карстового рельефа. Описанные выше четыре зоны карстового рельефа образуются при одноактном поднятии карстующегося массива. Если поднятие было неоднократным или происходило с задержками, формируется несколько этажей субгоризонтальных галерей, соединенных вертикальными полостями. Чем выше расположен ярус, тем он древнее. Таким образом, происходит усложнение простой схемы четырехзонального строения карстового массива. В самом общем случае поднятие интенсифицирует карстовые процессы, а опускание только ограничивает глубину развития карста, но не прекращает его. Во время стабильного тектонического режима происходит выравнивание русел подземных рек, значительно возрастает наряду с коррозией роль боковой эрозии. Однако полного выравнивания рельефа карстовых областей в это время обычно не происходит. Поэтому схема карстового цикла — от поднятия карстующегося массива до его полного выравнивания, рисуемая В. М. Дэвисом [133] и другими исследователями, остается гипотетической.

Для восстановления основных этапов истории развития карста необходим вдумчивый и тщательный анализ морфологических особенностей карстующегося массива в плане (на земной поверхности) и на глубину, выявление ярусности строения карста, соотношения морфологических данных с геологическими, анализ тектонических движений. Предполагают, что этажи карста представляют своеобразный вариант (отражение) ярусности речных долин [95] и что комплексам речных террас отвечают аналогичные по возрасту ярусы (этажи) карста.

При палеогеографических реконструкциях истории развития карста важнейшее значение приобретает датировка карстовых форм. Кроме методов, указанных в гл. III, могут применяться следующие: 1) датировки по археологическим и палеонтологическим остаткам (определяют верхний возрастной предел), 2) метод синхронных форм (возраст горизонтальной галереи не может быть древнее соответствующего ему террасового уровня дренировавшей подземный водоток речной долины), 3) метод подсчета годовичных колец сталактитов и сталагмитов (однако геохронологическое его значение еще подвергается сомнению), 4) метод корреляции ярусов субгоризонтальных галерей и соответствующих им комплексов террас в речных долинах [95].

Формы суффозионного происхождения

Суффозия — вымывание подземными водами мелких частиц из рыхлых горных пород — является причиной образования плоских впадин (блюдец, подов, степных блюдец, западин и т. д.) размером в поперечнике до 10—20 м при глубине до нескольких метров. Соединяясь, они образуют впадины больших размеров. Суффозионные формы развиваются на почти горизонтальных поверхностях в суглинистых, песчаных, супесчаных, лёссовидных породах (в последних процесс имеет карстово-суффозионный характер). Иногда они располагаются цепочками по направлению подземного стока. Наиболее

значительные впадины образуются в том случае, когда рыхлые породы подстилаются сильно трещиноватыми породами, поглощающими вымываемые частицы грунта. Иногда в этом процессе участвует вынос веществ в виде коллоидов. Нередко при оседании грунта образуются трещины, провалы, оползни. К описываемым формам внешне близки «просадки», возникающие при уплотнении пористых пород, смоченных водой.

Картирование суффозионных форм необходимо в районах, где ведется различного рода строительство, при сельскохозяйственном освоении и мелиорации земель и в других случаях.

Изучают морфологические особенности суффозионных форм, их размеры, наносят на карту, фотографируют или зарисовывают, устанавливают, к каким элементам рельефа они приурочены (водоразделам, пологим склонам, террасам и т. д.), взаимное расположение впадин; отмечают, не сопровождаются ли они трещинами, оползнями, обвалами и т. п.; исследуют рыхлые отложения под впадинами и вне их (для сравнительного анализа); берут образцы для механического, химического и других анализов, необходимых для установления типа пород, их пористости, водопроницаемости, химического, гранулометрического и минералогического состава, наличия коллоидов и т. д.; определяют мощности пород, смену фаций по разрезу и простирацию; устанавливают, с какими породами связаны суффозионные формы и роль в их формировании собственно суффозионных и коррозионных процессов; выясняют, не связано ли появление суффозионных форм с трещиноватостью пород, подстилающих рыхлые отложения; изучают водоносный горизонт, не связано ли развитие суффозионных форм с направлениями подземного стока и выходами подземных вод, источниками, колодцами; исследуют отложения, выносимые источниками.

На основании всех этих исследований можно будет объяснить происхождение суффозионных форм в данном районе и установить признаки, позволяющие отличать их от карстово-суффозионных форм и просадок.

Оползни

Оползнем называют смещение земляных масс по поверхности скольжения вниз по склону под влиянием силы тяжести, в результате которого образуется «оползневое тело». В этом процессе большую роль играют подземные воды, насыщающие оползающие породы и размягчающие подстилающие глинистые породы, по которым происходит скольжение.

Следует обратить внимание на некоторые условия, благоприятствующие образованию оползней в данном районе: *геоморфологические*: 1) наличие склона, сложенного рыхлыми отложениями различного генезиса; 2) деятельность агентов морфогенеза, нарушающая установившуюся устойчивость склонов (подмыв их основания и т. д.); *геологические*: 1) наличие водоупорного глинистого слоя, подстилающего водопроницаемые породы; 2) падение пластов пород в сторону наклона склона; *гидрогеологические*: 1) направление стока

подземных вод в сторону падения склона; 2) увлажнение водоупорного глинистого слоя подземными водами, делающее породы пластичными; 3) насыщение вышележающих водопроницаемых пород грунтовыми водами; *климатические*: 1) неравномерное выпадение осадков; 2) избыточное поступление талых вод; 3) наводнения и т. д.

Основные причины, способствующие образованию оползней: 1) причины, вызывающие изменение формы склонов (изменение геоморфологических условий) — а) суффозионная, карстово-суффозионная и карстовая деятельность, в результате которой образуются провалы, провалы, воронки и другие формы рельефа, б) эрозионные процессы, в результате которых подмываются основания склонов, в) абразионная деятельность морских и озерных волн, в результате которой создаются свежие абразионные уступы в основании склонов, г) хозяйственная деятельность человека (подрыв основания склонов в результате прокладки дорог, строительства, разработки карьеров и т. д.), д) тектонические движения катастрофического характера (возникновение сбросов и взбросов в результате землетрясений и т. д.); 2) причины, вызывающие изменения геологических условий (изменение наклона пластов в результате землетрясений, увеличение трещиноватости и т. д.); 3) причины, вызывающие изменения гидрогеологических условий (избыточное поступление дождевых или талых вод в результате продолжительных ливней, наводнений, паводков и т. д.); 4) сотрясения, возникающие при землетрясениях, вулканических извержениях, взрывах.

Изучая оползни, следует определить, к какому типу они относятся.

А. А. Павлов различал деляпсивные оползни (соскальзывания), образующиеся на подмытых снизу склонах и происходящие преимущественно под действием силы тяжести горных пород, и детрузивные оползни (толкания), возникающие вследствие толкания сверху массой, оторвавшейся от верхней части склона. В последнем случае оползни сжимают отложения нижних частей склонов в складки, разрывают их и образуют неровный бугристый рельеф. Как показали исследования, указанные типы оползней обычно развиваются совместно (рис. 43).

По степени крутизны верхней части поверхности скольжения оползни подразделяют на очень пологие (не круче 5° , что характерно главным образом для подводных оползней), пологие ($5-15^\circ$), крутые ($15-45^\circ$) и очень крутые (более 45°). По мощности оползневых блоков различают оползни поверхностные (не глубже 1 м — оплывины, оплывы), мелкие (до 5 м), глубокие (до 20 м) и очень глубокие (глубже 20 м). Могут быть выделены также оползни первого порядка, развивающиеся в породах, ранее не охваченных оползневыми процессами, и оползни второго порядка, формирующиеся в отложениях, затронутых ранее оползнями.

Н. И. Николаев указывает, что среди оползневых явлений следует различать: 1) сплавы — неглубокие смещения отложений поверхностных частей склонов; 2) осовы — быстрое оседание и оползневое смещение продуктов механического выветривания, вызванные

смачиванием; 3) собственно оползни; 4) оползни-обвалы или оползни-массивы, возникающие вследствие сползания отделившегося массива на крутом склоне, переходящего нередко в обвал и иногда образующего глыбовые потоки (скопления крупных глыб, перемещающихся по глинистому водоупорному слою в основании склона); 5) оползні-потоки в виде языков пластичной или полужидкой массы продуктов выветривания с обломками горных пород.

Детальная программа исследования оползней разработана Н. И. Николаевым [279]. Прежде всего устанавливают, к каким элементам рельефа приурочены оползни (уступам террас, склонам речных долин и т. д.). Определяют высоту и крутизну склонов, устанавливают детали микрорельефа (наличие уступов, террас, перегибов и т. д.). Картируют площади распространения оползней. Выявляют основные факторы, влияющие на динамику склонообразовательных процессов в прошлом и настоящем. Устанавливают,

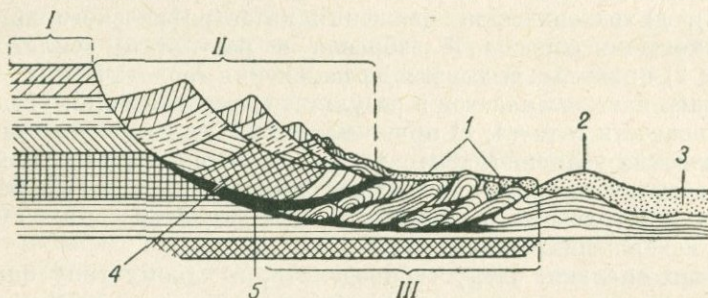


Рис. 43. Схема строения оползня, по А. П. Павлову.

I — коренной склон; *II* — деляписивная часть оползня; *III* — детрузивная часть оползня; 1 — аккумулятивная оползневая брекчия оползня поточного типа; 2 — бугор выпирания; 3 — аллювий дна долины; 4 — оползнь блокового типа; 5 — зоны брекчирования и оползневые брекчии трения.

какими процессами созданы современные очертания склонов (эрозионные процессы, деятельность человека и т. д.), степень задернованности и залесенности отдельных элементов склонов, какие процессы вызывают обновление нижних частей склонов и увеличивают их крутизну.

Затем переходят к исследованию морфологических особенностей оползневого тела и поверхности скольжения. Определяют ширину и длину (по склону) оползня, глубину захвата, форму, углы падения поверхности оползневого тела в различных участках, высоту верхней границы оползня и его подошвы. Описывают микрорельеф оползневого тела. Определяют число и размеры уступов. Изучают оползневые ступени, бугры, гряды выпирания. Измеряют наклон оползневых площадок, устанавливают их ширину, степень деформации (в продольном и поперечном профилях), устанавливают закономерности распространения различных форм микрорельефа, к каким частям оползня приурочены те или иные формы. Описывают поверхность оползня (ровная, трещиноватая, бугристая и т. д.). В оползневых цирках замеряют длину, ширину, высоту, изучают детали строения

оползневое тела. Исследование морфологических особенностей сопровождается фотографированием, зарисовками, составлением поперечных и продольных разрезов и картированием в крупном масштабе исследуемых оползней и районов их распространения.

В эрозионных разрезах (или в искусственных выработках) изучают мощность оползня, форму поверхности скольжения, следы движения на ней, линию срыва оползня и ее форму, стенку отрыва, угол ее наклона, высоту. Устанавливают базис оползания, подошву оползня и ее положение (ниже, выше или на уровне базиса денудации).

Изучают геологическое строение не затронутого оползнем коренного берега, типы и состав пород, их стратиграфическую последовательность, условия залегания, маркирующие горизонты. Исследуют геологическое строение оползневое тела, наличие смещенных блоков (их устанавливают по маркирующим горизонтам), условия залегания в них пород (изменение падения, простирания), степень и характер оползневой дислоцированности, наличие складок, их форму, элементы залегания, к какой части оползня они приурочены, наличие трещин срыва, скольжения, разрыва или выпучивания как в оползневом теле, так и в коренном массиве. Устанавливают их ориентировку, ширину, глубину, падение, степень заполнения, морфологические особенности (дугообразные, прямолинейные, кулисообразные и т. д.). Изучают характер поверхности скольжения: приурочена ли она к границе различных в фациально-литологическом отношении толщ, проходит ли в однородных породах, вызвана ли динамическими напряжениями, приурочена ли к границе рыхлых и плотных пород, к нижней границе коры выветривания и т. д. Берут образцы для лабораторных исследований.

Описывают распределение растительности, наличие «пьяного леса», болотных и незадернованных участков, степень задернованности поверхности оползня.

Изучают подземные и поверхностные воды. Устанавливают места выхода подземных вод, водоносные горизонты, условия поступления подземных вод к оползню, питания, движения, дренирования, наличие гидродинамического давления (по высоте напора воды). При стационарных наблюдениях изучают режим вод и его влияние на развитие оползней (в частности, на их подвижки). Изучают влияние поверхностных вод на подземные воды (питание, дренаж, подпор) и их рельефообразующее значение, характер стока поверхностных вод (линейный, плоскостной), его основные направления, эрозионные врезы в районе оползней, их глубину, интенсивность врезания, режим водотоков, временные водотоки. Для эрозионных склонов устанавливают характер воздействия реки, колебаний уровня и расхода воды, на берегах морей и озер выявляют роль абразии в образовании оползней.

Собирают материалы по характеристике климата (температуры воздуха, влажность, испарение, осадки в жидкой и твердой фазах, температуры почвы, их абсолютные и средние годовые, летние, осенние, зимние, весенние, месячные, суточные значения и изменения

во времени) на основе данных соседних метеостанций или собственных регулярных наблюдений.

Определяют степень деформации построек, имеющих в оползневом участке, и состояние противооползневых сооружений (подпорных стенок, нагорных канав и т. д.).

На основании всех полученных материалов устанавливают, к какому типу относится оползень: 1) по ярусности (одноярусные или двухъярусные), 2) по времени развития (действующие или реликтовые), 3) по глубине захвата и степени крутизны верхней части поверхности скольжения (см. выше), 4) по взаимоотношениям с процессом осадкообразования (сингенетические или эпигенетические) и т. д.

АНТРОПОГЕННЫЕ И БИОГЕННЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

В процессе преобразования природы хозяйственной деятельности человек создает разнообразные формы рельефа, называемые *антропогенными* (или техногенными). Они подразделяются на наземные и подземные.

Среди наземных форм различают следующие. 1. Формы, создающиеся при разработке месторождений полезных ископаемых. К ним относятся формы аккумулятивные (терриконы, горные, дражные и гидромониторные отвалы и др.) и скульптурные (карьеры, воронки взрывов, канавы, шурфы, дудки, ямы, оседания и провалы земной поверхности на выработанных или разрабатываемых нефтегазоносных и угленосных площадях и т. д.). Эти формы увеличивают контрастность рельефа и изменяют микроклиматические условия его формирования. Обнажающаяся поверхность горных пород становится легко доступной процессам выветривания и денудации. На склонах карьеров нередко возникают эрозионные борозды, овраги, рельеф типа бедленда. На примере дражных или гидромониторных отвалов в золотоносных областях можно наблюдать существенную перестройку речных долин, сопровождающуюся изменениями положения русла, уничтожением террас и созданием в долинах рек бугристо-холмистого техногенного рельефа. В недостаточно увлажненных областях оголение земной поверхности приводит к активизации эоловых процессов. 2. Формы, возникающие при сельскохозяйственном освоении земель: распаханное земельные угодья, пастбища. Неумелая и хищническая практика эксплуатации земель ведет к развитию оврагов и к процессам интенсификации эрозии почв. В СССР проводится большая работа по предотвращению эрозии почв. Другую категорию составляют формы, образующиеся при мелиорации земель: осушении (дренажные канавы, каналы) и орошении (оросительные каналы, искусственные озера на рисовых полях и др.). В районах поливного земледелия господствует культурный ландшафт. 3. Формы, образующиеся в результате искусственных сооружений: а) наземные сооружения (аэродромы, дороги), местами выравнивающие и отчасти консервирующие рельеф; б) наземные сооружения (поселки, города), усиливающие контрасты

рельефа и создающие специфические физико-географические условия. Крупные города вызывают изменение климата (в Ленинграде, например, среднегодовая температура на 1° С выше, чем в окружающих его районах); в) сооружения на реках (гидростанции, плотины), приводящие к возникновению обширных водохранилищ, которые меняют ранее существовавший рельеф и климатические условия; г) сооружения на берегах морей и озер (молы, волнорезы и т. д.); д) военные сооружения (противотанковые рвы, эскарпы, траншеи и другие укрепления). Значение перечисленных выше форм различно. В одних случаях они влияют на развитие природы в нужном для человека направлении, в других вызывают нежелательные, вредные или опасные последствия. И те и другие должны подвергаться тщательному и специальному изучению. 4. Особую категорию составляют аккумулятивные и скульптурные формы, создающиеся человеком в борьбе с нежелательными и опасными явлениями природы. К ней относятся: а) дамбы, препятствующие наводнениям; б) противолавинные сооружения; в) противооползневые сооружения; г) защитные стенки; д) щиты и изгороди для борьбы со снежными и песчаными наносами и т. д. Нередко применяют способ превращения активно развивающихся форм в пассивные, реликтовые (например, закрепление оврагов, закрепление песчаного рельефа растительностью и т. д.).

Формы подземного антропогенного рельефа связаны с гражданским (туннели, метро и др.) и военным (подземные бункера, заводы, нефтехранилища и т. п.) строительством и разработкой полезных ископаемых (пустоты, возникающие в результате разработок нефти и газа, подземные галереи, шахты, штольни и т. п.).

В процессе полевых исследований антропогенные формы должны изучаться и картироваться наряду с формами другого происхождения (особенно в крупных съемочных масштабах). Желательно ставить и тематические геоморфологические исследования, например, по динамике развития берегов крупных водохранилищ в различных физико-географических и геологических условиях, изменению морфологии морских берегов в результате возведения различного рода искусственных сооружений и т. д. Изучая антропогенные формы, выясняют, влияют ли они на естественные геоморфологические ландшафты, изменяются ли физико-географические условия рельефообразования, и разрабатывают мероприятия, нейтрализующие или предотвращающие нежелательные или опасные последствия.

Рельефообразующая роль организмов и растений соизмерима со значением других агентов морфогенеза, если рассматривать их деятельность в масштабах геологического времени. Она проявляется в процессах выветривания, аккумуляции, создании аккумулятивных и скульптурных форм.

Организмы и растения в огромных масштабах участвуют в процессах механического и химического выветривания. Особенно велика роль растений, корни которых разрыхляют горные породы, а органические кислоты, возникающие при разложении растительных остатков, обуславливают процессы химического выветривания. Не менее

значительна роль организмов. Бактерии насыщают верхние части земной коры, их деятельность особенно активна в почвообразовательных процессах. Огромное значение имеют микроорганизмы и роющие животные, существенно изменяющие строение и минеральный состав горных пород в сфере их воздействия. При этом как растения, так и организмы извлекают из горных пород минеральные вещества, необходимые для их возникновения и роста.

Широко известна биогенная аккумуляция. Осадки, образованные в результате аккумуляции остатков организмов и растений, принимают большое участие в строении осадочных толщ земной коры



Рис. 44. Один из заломов, широко распространенных на реках таежной зоны СССР. Фото Ю. Ф. Чемякова.

(например, кремнистые и карбонатные породы) и нередко образуют месторождения полезных ископаемых (например, торфа, бурых и каменных углей и т. д.). Среди формирующихся в настоящее время осадков биогенные отложения имеют большое значение (коралловые постройки, глобигериновые, радиоляриевые, диатомовые илы, торфяники и т. д.).

Наземные скульптурные формы, возникающие в результате деятельности организмов и растений или связанные с ними, обычно относятся к микрорельефу. Это тропинки, вытопанные домашними и дикими животными на равнинах, днищах и склонах долин, склонах гор и водоразделах, норы роющих животных, особенно обильные в степях, в таежной и горно-тундровой зоне, и другие формы, вплоть до мельчайших неровностей земной поверхности, связанных с деятельностью, например, дождевых червей и микроорганизмов. В та-

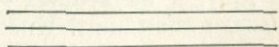
ежных районах обычное явление представляют впадины, созданные вывернутыми корнями деревьев (во время сильных ветров, бурь и ураганов). Они часто используются геологами в качестве естественных обнажений. Иногда образование описанных скульптурных форм ведет к оживлению или интенсификации других рельефообразующих процессов (например, гравитационных процессов в виде медленного перемещения материала, осыпей, обвалов, оползней, лавин, процессов развевания и т. д.).

Подземные биогенные скульптурные формы представлены ходами и норами роющих и других животных.

Аккумулятивные формы, создающиеся в результате деятельности животных, растений или связанные с ними, также широко распространены и нередко имеют значительные размеры. В качестве примеров можно привести равнинные формы (например, аккумулятивные равнины, возникающие в результате морской или озерной биогенной аккумуляции), коралловые рифы и острова. Вследствие тектонических поднятий и регрессий моря коралловые рифы могут оказаться на суше, превратившись в реликтовые формы (например, «толтры» в пределах Волюно-Подольской возвышенности). Большое количество аккумулятивных форм создается растительностью: от кочек (на осоково-кочкарных болотах) до обширных сфагновых водораздельных торфяников мощностью от нескольких метров до 10—20 м, имеющих характерную караеобразную форму. По берегам таящих рек обычны скопления крупных растительных остатков, называемые «заломами» (рис. 44). Они нередко перегораживают русла протоков и даже крупных рек, препятствуя судоходству и сплаву леса. Наконец, как отмечает В. В. Пиотровский [308], растительный покров на земной поверхности создает свой собственный рельеф, оказывающий существенное влияние на создание специфических условий рельефообразования, воздушной циркуляции, влажности, инсоляции и т. д.

Деятельность наземных животных в создании аккумулятивных форм скромна. Она проявляется главным образом в создании форм микрорельефа (плотины бобров, муравейники, постройки термитов, кучки земли, выбрасываемой роющими животными).

Широкое распространение биогенных форм и их важное значение в процессах морфогенеза обуславливают необходимость их детального изучения. Характеристика антропогенных (техногенных) и биогенных форм содержится в трудах М. В. Котлова [206], В. В. Пиотровского [308], VII пленума Геоморфологической комиссии при ОНЗ АН СССР [383], А. Н. Формозова [436] и др.



МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Назначение общей геоморфологической карты — показать наиболее наглядным способом морфологические особенности рельефа, его происхождение, возраст и главные этапы развития. Эти карты дают наиболее полное представление о рельефе. Практическая же деятельность человека связана с рельефом, познание закономерностей развития которого необходимо для решения многих научных и практических вопросов и для наиболее рационального использования природных ресурсов.

По проблемам геоморфологического картирования имеется довольно обширная литература [1, 10, 29, 30, 43, 44, 45, 49, 52, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 101, 136, 137, 138, 200, 205, 222, 223, 245, 246, 251, 252, 253, 263, 342, 343, 344, 367, 368, 369, 373, 378, 379, 380, 391, 394, 402, 404, 432, 474, 475, 480, 481 и др.].

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Опыты классификации геоморфологических карт принадлежат А. И. Спиридонову [391] и С. Г. Бочу и И. И. Краснову [52].

По содержанию различают общие геоморфологические карты, дающие характеристику рельефа по совокупности важнейших показателей: морфологии, морфометрии, генезису и возрасту, и частные (или специальные) геоморфологические карты, освещающие какие-либо отдельные показатели или сочетание двух-трех из них (карты морфографические, морфометрические, возраста рельефа, энергии рельефа и др.). Кроме того, различают карты типологические и геоморфологического районирования. На первых картах выделяются участки с закономерно повторяющимися типами явлений (типы рельефа, геоморфологических процессов, поверхностей рельефа и др.), а на вторых — территории по индивидуальным (региональным) признакам. Иногда оба типа совмещаются. В этом случае границы таксонов геоморфологического районирования (районов, областей, провинций и т. д.) наносятся на типологическую карту.

По масштабу (табл. 5) геоморфологические карты подразделяют на обзорные (от 1 : 10 000 000 до 1 : 1 500 000), мелкомасштабные (1 : 1 000 000—1 : 500 000), среднемасштабные (1 : 200 000—1 : 100 000) и крупномасштабные (1 : 50 000—1 : 25 000 и крупнее).

По степени обобщения различаются аналитические, синтетические и комплексные карты [391]. Для первых типичны необобщенные или мало обобщенные частные показатели (например, углы наклона земной поверхности, относительные превышения водоразделов над местными базами эрозии, изображение частных категорий форм рельефа — карстовых, овражных, карты элементарных генетически однородных поверхностей или форм рельефа). На синтетических картах показываются обобщенные показатели в виде типов рельефа, геоморфологических районов и др. Однако деление карт на синтетические и аналитические условно, так как и те и другие содержат элементы и анализа и синтеза.

В зависимости от способов составления и источников материалов различают: а) карты, составляемые в результате полевых геоморфологических исследований; б) карты, составляемые на основе генерализации карт более крупного масштаба с постановкой увязочных маршрутных исследований; в) карты, составляемые только по имеющимся картографическим материалам без проведения полевых работ.

В зависимости от «временного среза» различают геоморфологические карты, дающие характеристику ныне существующего рельефа, и палеогеоморфологические карты различных этапов развития рельефа.

Ниже рассматриваются только общие геоморфологические карты независимо от их масштабов.

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Геоморфологические карты составляются на топографической основе соответствующих масштабов. Размеры карт и границы картируемых территорий зависят от целевого задания, назначения карт, их масштабов. Карты съемочных масштабов составляются или в рамках соответствующих трапеций (в международной разграфке) или в произвольных границах. К первой категории относятся листы геоморфологических карт, входящие в комплекс государственных карт СССР (например, Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 1 000 000). Во вторую категорию входят карты, составляемые со специальными целями (например, обзорные карты каких-либо горнопромышленных или сельскохозяйственных районов, территорий, перспективных в отношении россыпной золотоносности, и т. п.).

Важнейшим элементом топографической основы являются горизонтали, при помощи которых изображается рельеф. Они наиболее объективно передают морфологические особенности рельефа и дают возможность оценить их не только в качественном, но и в количественном отношении. Поэтому горизонталы на геоморфологических картах не должны разрезаться. Наоборот, в случае необходимости показать особенности рельефа, не выявляющиеся при данном сечении горизонталей, рекомендуется наносить дополнительные полу- и четверть горизонталей.

Классификация общих ге

Категории карт по масштабам	Масштабы	Способ составления	Размерность в территориальном отношении
Обзорные	1 : 10 000 000 и мельче	Генерализация карт более крупных масштабов	Сводные карты земного шара или отдельных материков
	1 : 7 500 000		Сводные карты СССР
	1 : 5 000 000— 1 : 4 000 000		
	1 : 2 500 000	Генерализация карт более крупных масштабов с постановкой увязочных маршрутных исследований	Сводные карты СССР или отдельных очень крупных регионов
	1 : 2 000 000— 1 : 1 500 000		Сводные карты отдельных крупных регионов СССР
Мелкомасштабные	1 : 1 000 000— 1 : 500 000	Полевое картирование	Сводные карты крупных горнопромышленных или сельскохозяйственных районов СССР
	1 : 1 000 000— 1 : 500 000		Отдельные листы карт охватывают районы в рамках трапеций масштаба 1 : 1 000 000
Среднемасштабные	1 : 200 000— 1 : 100 000		Отдельные листы карт охватывают небольшие районы в рамках трапеций масштаба 1 : 200 000; серии карт составляются по крупным морфоструктурным районам
	Крупномасштабные		1 : 50 000— 1 : 25 000
1 : 10 000 и крупнее			Карты небольших участков земной поверхности (границы определяются плановым заданием)

геоморфологических карт

Назначение

Для изучения элементов рельефа различного таксономического ранга, их генезиса, возраста и истории развития; для решения вопросов теоретической геоморфологии, классификации, номенклатуры и таксономии различных элементов рельефа; для составления карт геологических (в особенности карт четвертичных отложений), инженерно-геологических, тектонических (в особенности неотектонических), географических (почвенных, карт растительности и др.), палеогеоморфологических, геоморфологического районирования и др.

Для решения практических вопросов, связанных с поисками полезных ископаемых, строительством, сельскохозяйственным освоением целинных земель и т. п.

В вузах и других учебных заведениях в качестве учебных карт; имеют научно-теоретическое значение

Предназначены для физико-географических, географических и геологических атласов, реже оформляются в виде самостоятельных изданий

Входят в каждом данном масштабе в серию других карт, в совокупности всесторонне освещающих территорию СССР

Составляются для крупных частей территории СССР, с целью познания их геоморфологического строения, планирования геоморфологических исследований и оценки их общих перспектив в народном хозяйстве

Листы карт в совокупности образуют «Государственную геоморфологическую карту в масштабе 1 : 1 000 000». Основа для оценки перспектив больших территорий

Основа для решения проблем, связанных с хозяйственным освоением крупных горнорудных, сельскохозяйственных и промышленных районов

Составляются на территории, для которых необходимо выяснить их перспективы в отношении решения наиболее важных прикладных проблем

Предназначены для решения отдельных конкретных практических вопросов (поисков полезных ископаемых, инженерной геологии, строительства и т. д.)

Гидрографическую сеть (реки, озера и т. д.) наносят с возможной для каждого данного масштаба полнотой. Нужно постараться сохранить правильную передачу основных ее черт: 1) относительной густоты речной сети и ее различий в тех или иных районах картируемой территории; 2) особенностей речной сети в плане (решетчатый, коленчатый, древовидный, перистый и другие типы расчленения); 3) соподчиненности рек (главные реки, притоки первого порядка, притоки второго порядка и т. д.).

На картах средних и мелких масштабов дорожная сеть и населенные пункты показывают с разрядкой; наносят лишь основные железные и шоссейные дороги без подразделения на категории. Однако на детальных крупномасштабных картах и планах, а также специализированных картах, показывающих роль антропогенного фактора в рельефообразовании, вся техногенная нагрузка должна сохраняться.

Как правило, на основу не наносят те элементы рельефа, которые показываются на геоморфологической карте специальными условными обозначениями (например, береговые валы, типы берегов и т. п.). Снимают также изображение растительности, типов болот, грунтов, песков и т. д. Рельеф болот и песков показывают на геоморфологических картах специальными обозначениями.

Горизонтالي изображают сепией (возможно применение других цветов), гидрографическую сеть — зеленым (или синим) цветом, остальные обозначения — черной краской.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

При составлении геоморфологических карт применяются следующие способы изображения объектов: качественный фон, изолинии, внесмаштабные знаки, линейные знаки, ареалы, локализованные диаграммы, точечный способ, линии движения, картодиаграммы, картограммы [363].

При характеристике рельефа широко используется *качественный фон*. Для этого картируемые единицы (морфогенетические типы, поверхности или грани рельефа и т. п.) либо раскрашиваются на карте цветными красками, либо изображаются системами штриховок (черных, цветных) или крапа (черного, цветного) и т. п. Способ нагляден, но дает лишь качественную характеристику картируемых объектов. В случае необходимости можно совместить две (и более) самостоятельные системы качественного фона (цветного фона и черной штриховки и т. д.). Цветной фон на картах передается сплошной заливкой, крапом, сетками [140].

Изолиниями называются кривые, соединяющие точки с равными количественными показателями, характеризующими то или иное явление или объект. Особенности последнего передаются совокупностью изолиний. Интервал между линиями должен быть постоянным. Изолинии употребляются при изображении погребенного

рельефа, положения хionoсферы, амплитуд тектонических движений и т. д. Этот способ позволяет характеризовать величины непрерывных и постепенно изменяющихся явлений (линиями равных величин) и, кроме того: а) изменение величины явлений во времени при помощи линий равных изменений величин (например, колебания положения конца ледника в различные этапы его развития и т. п.), б) перемещение (движение) явлений с помощью линий равных перемещений, например, поднятие или опускание того или иного участка суши или морского дна и т. д., в) время наступления явлений (линиями равных времен или изохрон), г) повторяемость (или вероятность) явлений (линиями одинаковой повторяемости) [363].

Во избежание грубых ошибок нельзя применять системы изолиний для характеристики явлений, развивающихся прерывисто. Изолинии могут быть черными или цветными, сплошными или пунктирными. При совмещении на одной карте двух (или более) систем изолиний каждая из них должна отличаться цветом или характером изображения (сплошные, пунктирные и т. д.). Описанный способ нагляден, дает возможность качественной и количественной оценки рельефа и может быть совмещен с другими способами передачи геоморфологической нагрузки (качественным фоном, внемасштабными знаками и т. д.).

Внемасштабные знаки используются для нанесения на карту объектов, не выражающихся в масштабе; при этом их форма и цвет отражают качественные различия объектов, а величина — количественные (размеры объектов). Различаются две категории знаков: а) геометрические и наглядные, б) цифровые и буквенные.

Геометрические знаки в виде круга, квадрата, треугольника и т. п. и наглядные знаки в виде схематизированных изображений объектов употребляются для обозначения различных форм рельефа (карстовых воронок, денудационных останцов и др.), месторождений полезных ископаемых (россыпей и др.), мест взятия шлиховых и других проб, мест расположения скважин, шурфов, точек наблюдений и т. д. Цвет знаков используют для показа генезиса форм или их возраста.

Буквенные индексы применяют для обозначения геоморфологических районов, морфоструктур и т. д. (например, АЗД — Амуро-Зейская депрессия), а также для показа генезиса форм рельефа [10, 263, 392] (см. ниже табл. 6). Арабскими цифрами передаются высоты характерных элементов рельефа (возвышенностей, перевалов, террас и др.). Римские цифры употребляются для обозначения различного рода объектов и явлений (номера разрезов, поперечных профилей и др.). Цифровыми индексами обозначают возраст рельефа (например, QIII, QIV и т. д.).

Линейные знаки употребляются для изображения объектов линейного протяжения (например, уступов террас, тектонических уступов и др.) и геометрических линий (например, границ оледенения, геоморфологических районов, типов рельефа и т. д.). Качественные и количественные особенности картируемых объектов при этом передаются рисунком, цветом и шириной знаков.

Способ ареалов (от лат. агеа — площадь) сводится к выделению площадей распространения каких-либо явлений (многолетней мерзлоты, древнего оледенения и др.) и элементов рельефа (карстовых форм, оврагов и т. д.). Ареалы оконтуриваются сплошными или прерывистыми границами и закрашиваются или покрываются штриховыми условными знаками. Иногда границы специально не показываются и передаются контурами цветных или заштрихованных пятен.

Способ локализованных диаграмм употребляется для характеристики объектов или явлений в каких-либо определенных точках земной поверхности (например, состава спорово-пыльцевых комплексов в опорных разрезах, характеристики экзогенных и эндогенных факторов морфогенеза и т. д.).

Точечный способ применяется для показа интенсивности процессов рельефообразования или геоморфологических особенностей тех или иных территорий. В этом случае определенное количество картируемых объектов (например, карстовых воронок и т. д.) обозначается небольшим кружком (точкой), располагающимся в пункте их распространения. Густота этих точек и особенности их расположения на карте дают количественную и качественную характеристику картируемых объектов.

Способ линий движения применяют для показа перемещений объектов (например, путей разноса ледниковых валунов, движения ледников и т. д.). Для этого употребляются знаки линий, лент движения, стрелок (с использованием их формы, величины, цвета).

Картодиаграммы дают обобщенную характеристику каких-либо районов, выражая суммарную величину явлений, процессов и других особенностей картируемых объектов в пределах этих районов. Они могут быть линейными (столбики), площадными (квадраты, круги) и объемными (шары, кубы и т. п.). Применение этого метода в геоморфологическом картировании очень ограничено.

Картограммы показывают среднюю интенсивность какого-либо процесса в пределах определенных территориальных единиц (например, квадратного километра и т. д.). Этот способ применим на специальных геоморфологических картах для характеристики густоты вражней сети, крутизны склонов речных долин и т. д.

В зависимости от задач, поставленных перед составителями карты, и ее назначения описанные выше способы можно комбинировать в различных сочетаниях.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ

Общая геоморфологическая карта должна отражать морфологию (морфографию, морфометрию), генезис и возраст рельефа [245].

В зависимости от выбора объектов картирования и способов изображения на карте морфологии, генезиса и возраста картируемых объектов оформились «морфогенетическое», «генетическое» и «возрастное» направления. Эти названия не вполне удачны, так как в действительности на каждом из трех типов карт, относящихся

к указанным выше направлениям, показываются все три основные характеристики рельефа. Названия эти даны по тем характеристикам рельефа, которые изображаются на картах цветом.

На «морфогенетических» картах объектами картирования являются морфогенетические таксоны (категории), такие, как группы типов, типы или формы рельефа. Цвет используется для обобщенного показана морфогенеза перечисленных картируемых категорий рельефа. Морфологические особенности могут передаваться дополнительно горизонталями или штриховыми условными обозначениями. Возраст показывается геологическими индексами.

На «генетических» картах изображаются поверхности ограниченные форм рельефа (границы рельефа или генетически однородные поверхности). Основные геоморфологические характеристики даются самостоятельными системами условных обозначений. Генезис поверхностей (граней) рельефа показывается цветом, морфология — горизонталями топографической основы, возраст — оттенками «генетических» цветов, цветными или одноцветными штриховками, крапом, геологическими индексами.

На «возрастных» картах объектами картирования являются поверхности (границы) рельефа или типы и формы рельефа. Основное средство изображения — цвет — служит для показа возраста картируемых геоморфологических категорий или основных этапов их развития, их геоморфологические особенности передаются горизонталями, а генезис — штриховыми условными обозначениями. Описываемые карты называют еще историко-генетическими.

Исторически возникшее раньше других морфогенетическое направление сыграло положительную роль в развитии геоморфологического картирования. В дальнейшем применение этого метода наиболее целесообразно ограничить мелкими, обзорными масштабами. «Генетические» карты содержат наиболее полную и объективную информацию о рельефе, его генезисе и истории развития. Этот способ картирования пригоден для всех масштабов и особенно для средних и крупных. Он принят для составления геоморфологической карты масштаба 1 : 1 000 000, входящей в комплект Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 1 000 000. «Возрастной» метод картирования успешно развивается, но не получил широкого распространения, так как пока еще трудно определять возраст рельефа и его элементов.

КАРТЫ ГЕНЕТИЧЕСКИ ОДНОРОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Краткий исторический очерк

«Генетическое» направление оформилось лишь в 50—60-х годах XX в., однако зачатки его проявлялись и ранее в стремлении показать на картах поверхности выравнивания, склоны долин, поверхности и уступы речных, морских и озерных террас.

Одна из первых попыток создания морфологической классификации элементов рельефа принадлежит Ю. К. Ефремову [139].

Поверхности или грани рельефа классифицируются им по положению в пространстве, по очертаниям в плане и в профиле (см. гл. III).

Следующий этап характеризуется попытками разработать генетическую классификацию поверхностей.

Д. В. Борисевич [43] отметил, что формы рельефа представляют комбинации поверхностей и склонов разного генезиса. Он разработал «универсальную» легенду, состоящую из 62 знаков склонов и поверхностей, комбинируя которые можно передать на карте любые формы рельефа.

В легенде выделены 9 крупных категорий поверхностей и склонов:

А) первично-горизонтальные или слегка наклонные денудационные поверхности (1 — абразионная, 2 — эрозионно-денудационная или пенецпленизированная, 3 — экзарационная, 4 — дефляционная, 5 — альтипланационная, 6 — остаточная поверхность законченного карстового цикла);

Б) первично-горизонтальные или слегка наклонные аккумулятивные поверхности (7 — морская, 8 — аллювиальная или дельтовая; 9 — флювиогляциальная, 10 — ледниковая, 11 — эоловая песчаная, 12 — лёссовая, 13 — озерная, 14 — вулканическая лавовая, 15 — вулканическая туфовая, 16 — солифлюкционная, 17 — органогенная, 18 — смешанного аллювиального, пролювиального и эолового происхождения — поверхности нагорных плато, такры);

В) горизонтальные структурные поверхности (19 — поверхность с «бронирующим» пластом, сложенным устойчивой осадочной породой, 20 — то же, известняком, 21 — то же, лавой, 22 — то же, туфом);

Г) склоны и уступы денудационного происхождения (23 — абразионный, 24 — эрозионный, 25 — экзарационный, 26 — дефляционный, 27 — денудационный, 28 — карстовый, 29 — обвальный и оползневый);

Д) аккумулятивные склоны (30 — морской, 31 — аллювиальный, 32 — флювиогляциальный, 33 — ледниковый, 34 — песчаный эоловый, 35 — лёссовый, 36 — озерный, 37 — лавовый, 38 — туфовый, 39 — органогенный (рифовый), 40 — делювиальный, 41 — пролювиальный);

Е) склоны тектонического, вулканического и структурного происхождения (42 — сбросовый, 43 — грязевого вулкана, 44 — эксплозивный, 45 — «материковый», 46 — склоны монадноков);

Ж) поверхности, изогнутые и наклоненные тектоническими движениями и связанными с ними инъекциями (47 — эпейрогеническими сводовыми поднятиями, 48 — пликативными дислокациями, 49 — дизъюнктивными дислокациями, 50 — внедрениями магмы, 51 — внедрениями штоков соли и гипса);

З) отпрепарированные тектонически изогнутые поверхности «брошированного рельефа» (52 — брахиантиклинали, 53 — брахисинклинали, 54 — моноклинальные поверхности, 55 — оси антиклиналей, 56 — оси синклиналей, 57 — отпрепарированные сбросы, 58 — погреб-

бенные формы рельефа, 59 — откопанные (регенерированные) формы рельефа);

И) склоны и поверхности ледников, созданные замерзанием воды и таянием льда (60 — склоны и поверхности ледников, 61 — термокарстовые уступы, 62 — склоны, созданные вспучиванием при замерзании воды).

Районы распространения форм, не изображающихся в масштабе, показываются строенным знаком соответствующих форм, размещенным в шахматном порядке. Поверхности и склоны вулканического и тектонического происхождения обозначаются красными штриховыми условными обозначениями, все остальные черными. Возраст рельефа показывается цветным фоном.

Позднее Д. В. Борисевич [44] предложил генезис и возраст экзогенных элементов показывать цветными штриховками (цветом — генезис, а различной штриховкой — возраст), морфологические особенности экзогенных элементов и литологический состав пород, слагающих аккумулятивные поверхности, — черными штриховыми знаками, генезис и возраст эндогенных поверхностей — знаками красного цвета. Им разработан также черно-белый вариант легенды [45], которая названа морфохроногенетической. Однако последнее название не отражает специфики картирования по описываемому методу. По существу, любая общая геоморфологическая карта, составленная по любому способу, является морфохроногенетической, так как на ней отражаются морфология, возраст и генезис рельефа.

Легенда Д. В. Борисевича явилась крупным шагом в разработке генетической классификации поверхностей рельефа. Большая заслуга автора состоит в том, что он выдвинул новый, оригинальный метод картирования рельефа земной поверхности, обосновал его теоретически и предложил проект легенды. Однако последняя не лишена недостатков. Так, например, наряду с денудационными и аккумулятивными поверхностями выделяются отпрепарированные структурные поверхности, относящиеся, по существу, к первым. Под поверхностями автор понимает только горизонтальные (или слегка наклонные) площадки, противопоставляя их склонам. Это неправильно, так как склоны также являются поверхностями. Карты, составленные в описываемой легенде, лишены наглядности, так как рельеф изображается графическими символами. Легенда не универсальна, ее нельзя применить для крупномасштабного картирования, так как для склонов и уступов предусмотрены не «площадные» знаки, а линейные.

А. И. Спиридонов считает, что генетическая классификация элементарных поверхностей должна вытекать из классификации геоморфологических (физико-географических) процессов. При этом неизбежна некоторая схематизация. Из совокупности действующих факторов морфогенеза необходимо выделять ведущие и по ним строить классификацию. Следует учитывать при этом классификацию рыхлых отложений по их генезису, так как процессы рельефо- и осадкообразования одновременны и взаимообусловлены.

Генетические категории рельефа и их обозначение на геоморфологической карте, по А. И. Спиридонову [392]

Классы, группы типов, типы рельефа	Индекс	Значки, цвет
А. Класс эндогенного рельефа		
I. Группа типов тектонического рельефа, созданная движениями:		
1) плавными или изгибовыми (общими колебаниями, волновыми, складчатыми)		Изобазы, стратонизогипсы, ареалы форм поднятий и опусканий
2) разрывными		Линейные значки тектонических уступов и прочих форм
II. Группа типов вулканического рельефа		
1) вулканического	v	Красный
2) эксплозивного	exp	Карминный
3) эффузивного	eff	Малиновый
4) экструзивного	ext	Киноварно-красный
5) псевдовулканического	pv	Пурпурный
Б. Класс экзогенного рельефа		
I. Группа типов гравитационного рельефа		
1) обвально-осыпного (дисперсионного)	gr	Коричневый
2) оползневового (деляпсивного)	ds	Красно-коричневый
3) созданного массовым медленными движениями грубообломочного материала (камне-щебне-потокового)	dp	Умбровый (темно-каштановый)
4) солифлюкционного	dr	Оранжевато-коричневый
II. Группа типов оплывно-делювиального рельефа		
1) оплывного (дефлюкционного)	sf	Сепия
2) делювиального	df-d	Серый
III. Группа типов флювиального рельефа		
1) грязепотокового	df	Зеленовато-серый
2) созданного временными водотоками	d	Синеvато-серый
3) речного	f	Зеленый
IV. Группа типов озерно-морского рельефа		
1) озерного (лимнического)	sl	Оливковый
2) морского	tf	Травяно-зеленый
V. Группа типов и тип мерзлотного (криогенного) рельефа		
1) озерного (лимнического)	f	Малахитовый
2) морского	l-m	Синий
VI. Группа типов и тип мерзлотного (криогенного) рельефа		
1) озерного (лимнического)	l	Бирюзовый
2) морского	m	Голубой
VII. Группа типов и тип мерзлотного (криогенного) рельефа		
1) озерного (лимнического)	kr	Фиолетово-серый
VIII. Группа типов ледникового рельефа		
1) снежникового (нивального)	gl	Фиолетовый
2) ледникового	n	Сине-фиолетовый
3) материково-ледникового	gl	Красно-фиолетовый
4) горноледникового	gl	Синеvато-фиолетовый
5) ледниково-водного	gl	Красновато-фиолетовый
6) внутриледниково-водного	fgl	Серовато-зеленый
	flgl	Серовато-малахитовый

Классы, группы типов, типы рельефа	Индекс	Значки, цвет
7) приледниково-водного (потокового)	fpgl	Серовато-травяной
8) ледниково-озерного (лимногляциального)	lgl	Серовато-бирюзовый
VII. Группа типов и тип эолового рельефа	e	Коричнево-желтый
VIII. Группа типов карстово-суффозионного рельефа	k-s	Оранжевый
1) карстового	k	Коричневато-оранжевый
2) суффозионного	s	Сiena жженая
IX. Группа типов биогенного рельефа	bg	Изумрудный
1) зоогенного	sg	Изумрудный
2) фитогенного	fg	Изумрудный
X. Типы аккумулятивного рельефа смешанного происхождения:		
1) эксплозивно-эффузивного	exp-eff	Кровяно-красный
2) гравитационно-делювиального	gr-d	Красновато-каштановый
3) пролювиально-делювиального	pl-d	Фиестацкий
4) аллювиально-пролювиального	al-pl	Желто-зеленый
5) аллювиально-зандрового	sl-sn	Оливково-зеленый
6) аллювиально-озерного	al-l	Зеленовато-синий
7) аллювиально-морского	al-m	Серовато-синий
V. Класс антропогенного рельефа	ant	Черный

Первоначально предложенный проект классификации [391] был позднее им дополнен [392]. Он приведен в табл. 6. На основе этой классификации А. И. Спиридонов разработал единую легенду для картирования в масштабах от 1 : 50 000 до 1 : 1 000 000. Генетические классы, группы типов и типы он предлагает передавать цветом и индексами, морфографию и морфометрию — горизонталями, возраст — геологическими индексами. Под генетическими категориями понимаются генетически однородные поверхности, представляющие как отдельные элементы форм рельефа, так и их группировки.

Группы и типы можно подразделить на денудационные и аккумулятивные (нанесением крапа или литологических условных знаков) подгруппы и подтипы. Кроме того, генетические типы можно подразделить на родовые и видовые единицы, вводя дополнительные генетические признаки (например, ледниково-аккумулятивный рельеф можно подразделить на рельеф краевой и основной морены, карстовый — на рельеф поверхностного выщелачивания, провальный и т. д.).

На картах крупного масштаба картируются главным образом подтипы рельефа, а на картах среднего и мелкого масштабов — типы, группы и подгруппы.

А. И. Спиридонов [392] разработал также черно-белый вариант легенды, но составленные по нему карты невыразительны и трудно читаются.

Классификация, предложенная А. И. Спиридоновым, представляет новый крупный шаг по пути к разработке унифицированной классификации. В ней введена система подчиненных друг другу таксонов генетических поверхностей, таких, как группа, тип и подтип. Классификация построена строго по генетическому принципу. Однако она не лишена некоторых недостатков, не позволяющих рекомендовать ее в качестве унифицированной. Термины «элементарная поверхность» и «форма рельефа» А. И. Спиридонов считает синонимами. Это, конечно, неправильно, так как и простые, и сложные формы рельефа состоят из комбинации элементарных поверхностей. Для выделения подтипов принято деление поверхностей на денудационные и аккумулятивные. Однако этот критерий имеет более высокий таксономический ранг. Он характеризует в данной классификации не подтип, а подкласс, располагающийся между классом и группой. Таким образом, таксономический порядок основных классификационных признаков не выдержан. В классификации не учитывается структурный фактор. Весьма слабое отражение нашли эндогенные факторы и созданные ими поверхности рельефа. Типы тектонического рельефа даются линейными условными знаками, все остальные типы рельефа — фоновой цветной окраской. Неудачны и громоздки генетические индексы.

В принципе введение их как дублирующей информации целесообразно. Однако желательно совмещать генетические и возрастные индексы.

В. В. Ермолов [136, 137, 138] разработал классификацию поверхностей и легенду для средних масштабов. Он выделяет классы, типы и подтипы. Тип — совокупность поверхностей, сходных между собой как по внешним признакам, так и по происхождению. Подтипы выделяются на основе различий в морфологии и возрасте поверхностей. Выделяются три класса поверхностей, подразделяющиеся на типы (указаны в скобках): 1) аккумулятивные поверхности (обвально-осыпные, оползневые, делювиальные, морозно-солифлюкционные, ледниковые, водно-ледниковые, речные, озерные, морские, эоловые, грязевулканические, вулканические); 2) выработанные или денудационные поверхности (обвально-осыпные, делювиальные, морозно-солифлюкционные, нивальные, наледной аккумуляции, ледниковые, водно-ледниковые, речные, озерные, морские, эоловые, вулканические); 3) поверхности разрыва или отрыва (обвально-осыпные, оползневые, тектонические). Типы поверхностей обозначаются цветным фоном, а оттенками показываются подтипы, выделяющиеся по возрасту (чем древнее, тем светлее). При картировании следует игнорировать вторичные наложенные поверхности, если они не меняют коренным образом первичную поверхность. Предусмотрены условные обозначения для перемещений и деформаций поверхностей в связи с тектоникой, внедрениями магмы, штоков соли и гипса (стрелки разного цвета). Знаками и штриховкой черного цвета показываются структурные элементы рельефа (отпрепарированные поверхности, бронируемые устойчивыми пластами, уступы, скалистые гряды, гребни, бровки, предопределенные

выходами прочных пород). Возраст поверхностей обозначается индексами.

Генетически однородной поверхностью В. В. Ермолов [136, 138] называет небольшой участок земной поверхности, однородный по происхождению на всей своей площади. Он различает понятия «поверхность» как образование «сугубо материальное. . .» и «форма поверхности» — ее геометрические очертания, забывая о том, что и форма также является материальной. В. В. Ермолов делает ошибку, допуская независимое развитие генетически однородных поверхностей от их форм. «В природе могут иметь место и такие случаи, когда материальная поверхность сохраняется (не происходит ни ее разрушения, ни погребения), а формы поверхности изменяются за счет деформаций, охватывающих некоторую толщу земной коры. Это происходит при различных пучениях, просадках и тектонических деформациях» [136, с. 8].

Этот вывод неправилен, так как нельзя противопоставлять поверхность ее форме. Они взаимосвязаны и взаимообусловлены. При изменении одной из них меняется и другая. Нельзя представить поверхность, существующую без формы. Эта ошибка привела В. В. Ермолова к отрицанию существования поверхностей складчатого генезиса (которые не вошли в перечисленные выше классы поверхностей) и к неправильному представлению, что генезис форм земной поверхности «. . . более многообразен, чем генезис этой поверхности. Такое несоответствие связано с тем, что при различных пластических деформациях земной коры или ее верхних слоев формы поверхности могут меняться и без изменения самой ее материальной сущности, так же как и при деформациях других пластических тел» [Там же, с. 7].

В. В. Ермолов ставит знак равенства между поверхностью и слагающими ее породами, что не одно и то же; к тому же одинаковый генезис могут иметь лишь породы и одновременно формирующиеся на них аккумулятивные поверхности. Что касается скульптурных поверхностей, то их генезис и возраст, как правило, не соответствуют происхождению и времени образования отложений, на которых они развиты. Неправильно деление процессов рельефообразования на процессы, формирующие поверхности, и процессы, деформирующие и перемещающие поверхности. В действительности вторые также относятся к первой группе (деформация поверхности — процесс создания новой поверхности).

Ошибочен вывод В. В. Ермолова о том, что «. . . процессы, формирующие поверхности, никогда не могут сосуществовать друг с другом. . .» [Там же, с. 9]. В действительности их сосуществование является обычным (процессы делювиального сноса действуют совместно с гравитационными, плоскостной смыв сопряжен с линейным, морозное выветривание накладывается на все остальные рельефообразующие процессы и т. д.). Каждая поверхность создается в результате сложного взаимодействия рельефообразующих процессов. Изучая поверхности, нужно определить ведущий процесс для правильного их картирования.

Указанные ошибки оказались и в легенде, и в составленном по ее принципам макете геоморфологической карты северного побережья оз. Таймыр. Рельеф на ней читается с большим трудом, в некоторых участках карта не дает представления о его особенностях. Весь рельеф представлен как совокупность поверхностей экзогенного происхождения. Тектоника отражена лишь грубыми схематичными линиями.

В Научно-исследовательском институте геологии Арктики (НИИГА) составлена первая по описываемому способу геоморфологическая карта арктического сектора европейской части СССР в масштабе 1 : 2 500 000. Картированию подвергались не элементарные, а сложные поверхности, выделенные по ведущим агентам морфогенеза [404]. Выделены две группы поверхностей — аккумулятивные и выработанные (скульптурные).

Группа аккумулятивных поверхностей включает: А) аккумулятивные поверхности равнин, основные черты рельефа которых отражают неровности поверхности плотных подстилающих пород *; Б) аккумулятивные поверхности равнин, самые крупные неровности которых отражают рельеф рыхлых дочетвертичных пород *; В) аккумулятивные поверхности равнин с глубоко залегающими дочетвертичными породами, рельеф кровли которых не сказывается на формах земной поверхности.

В каждой из категорий выделены морские, аллювиальные, озерные, озеро-аллювиальные, ледниковые, водно-ледниковые и смешанные — ледниковые и водно-ледниковые поверхности. Все они различаются определенными цветами, а группы А, Б и В густотой цвета (группа А самыми бледными тонами, В — самыми густыми).

Группа выработанных поверхностей включает: А) денудационные поверхности или равнины (абразионные, морозно-солифлюкционные, эрозионно-денудационные и денудационные или комплексной денудации); Б) склоны (эрозионные, экзарационные, гравитационные, делювиальные и делювиально-солифлюкционные). На карте отражена степень крутизны склонов (крутые более густо закрашены). Гравитационные, делювиальные и делювиально-солифлюкционные склоны показываются разными цветами в зависимости от геологического фона, на котором они развиваются (кристаллические породы; горизонтально залегающие пласты; пласты, испытавшие складчатость, с большой или малой интенсивностью неотектонических движений). Поэтому на карте хорошо выявляются крупные геологические структуры, определяющие особенности рельефа различных районов. Возраст структур обычно обозначен индексами (возраст речных террас — штриховками).

Положительные стороны карты: подчеркнута связь поверхностей с геоструктурами, четко выражены морфоструктуры. Отрицательные стороны: невыдержанность принципа использования цветового фона (оттенки основных цветов использованы в одном случае для отра-

* Авторы допускают терминологические неточности, употребляя выражения «поверхность пород», «рельеф пород».

жения влияния рельефа фундамента, в другом — крутизны склонов, в третьем — геоструктур); возраст обозначается то индексами, то штриховками; на карте показаны склоны аккумулятивного происхождения.

Опыт, проведенный НИИГА, показал, что метод картирования поверхностей вполне применим для карт мелких масштабов.

В 1960 г. С. В. Эпштейн и Г. С. Ганешин разработали новый вариант легенды, положенный в основу проекта инструкции «Организация и производство геоморфологической съемки в масштабах 1 : 200 000 и 1 : 100 000» [481]. Поверхности подразделяются на четыре группы: эндогенного, смешанного эндогенно-экзогенного, экзогенного и техногенного происхождения. В первой группе выделяются тектонические поверхности (разрывов, молодых растущих антиклиналей, солянокупольных поднятий) и вулканические поверхности (лавовых излияний, отрыва и накопления пирокластических продуктов). Во второй группе различаются структурно-денудационные поверхности (отпрепарированных денудацией пластов горных пород, тектонических контактов, вулканических контактов) и псевдовулканические поверхности (отрыва и накопления сопочных брекчий). Третья группа делится на горизонтальные и пологонаклонные поверхности вершин водоразделов, террас и дниц долин (морской абразии и аккумуляции, озерной абразии и аккумуляции, речной эрозии и аккумуляции, ледниковой экзарации и аккумуляции, аллювиально-морской, озерно-речной, ледниково-озерной, ледниково-речной, пролювиально-речной аккумуляции, комплексной денудации), наклонные и вертикальные поверхности (плоскостной денудации, эрозионного врезания, береговой абразии, врезания долинных ледников) и вторичные генетически однородные поверхности, наложенные на основные водораздельные и склоновые поверхности (делювиального смыва и намыва, гравитационного срыва и накопления, солифлюкционного стекания и натекания, мерзлотных просадок и пучения, карстового обрушения и выщелачивания, суффозионного проседания и выщелачивания, морозно-нивального разъедания и планации, эолового выдувания и навевания, биогенного зарастания и нарастания). Четвертая группа включает поверхности, созданные деятельностью человека (выработанные и насыпанные). Генезис поверхностей показывается цветом (скульптурные — сплошной закраской, аккумулятивные — цветным крапом), возраст — индексами, морфология — изогипсами.

Непоследовательность легенды является деление поверхностей на «первичные» и «вторичные». Оно очень условно, так как одни и те же поверхности могут быть и «первичными», и «вторичными». Так, например, поверхности эолового происхождения, включенные авторами во «вторичные», в пустынных областях земного шара будут «первичными» и т. д. К недостаткам легенды относится также дублирование некоторых одинаковых по происхождению поверхностей, относимых в легенде к различным подгруппам.

С. В. Эпштейн и Г. С. Ганешин впервые предложили показывать цветом поверхности тектонического происхождения (как разрывные, так и пластические).

На III пленуме Межведомственной геоморфологической комиссии (Ленинград, 1963 г.) Ю. Ф. Чемяков предложил классификацию поверхностей по генезису. Выделяются следующие таксоны: серия, класс, группа, тип.

Под серией понимается совокупность поверхностей, формирующихся при взаимодействии разных сфер морфогенеза. Выделяются серия наземных поверхностей, формирующаяся при взаимодействии атмосферы и литосферы, и серия подводных поверхностей, образование которой связано с взаимодействием гидросферы и литосферы. В дальнейшем рассматривается только первая серия.

Класс — совокупность поверхностей, образования которых обусловлено эндогенными, экзогенными или эндогенно-экзогенными факторами рельефообразования. Соответственно различаются три класса: 1) эндогенных поверхностей, 2) экзогенных поверхностей и 3) эндогенно-экзогенных поверхностей.

Группа — совокупность поверхностей, выделяемая по крупным группам экзогенных и эндогенных процессов рельефообразования, объединяемых генетически родственными взаимоотношениями. Так, например, класс поверхностей эндогенного происхождения делится на две группы: тектонического происхождения и вулканического происхождения; класс поверхностей экзогенного происхождения подразделяется на группы поверхностей водного, ледникового, эолового, гравитационного, мерзлотного, карстово-суффозионного, биогенного, антропогенного происхождения и комплексной денудации.

Тип — поверхность, сформированная каким-либо агентом (или совокупностью нескольких агентов) геоморфогенеза. Так, например, группа поверхностей тектонического происхождения включает поверхности разрывные и пликативные; группа поверхностей водного происхождения — поверхности морского, речного, озерного, озерно-аллювиально-морского происхождения и т. д.

Серии могут быть подразделены на подсерии, классы — на подклассы, группы — на подгруппы, типы — на подтипы в зависимости от того, являются поверхности скульптурными или аккумулятивными. При картировании необходимо учитывать и такие признаки: 1) положение поверхностей в пространстве (горизонтальные, близкие к горизонтальным, пологие, средней крутизны, крутые, обрывистые, нависающие); 2) абсолютные и относительные высоты (высокие, средние, низкие и т. д.); 3) морфологические особенности (плоские, волнистые, холмистые, увалистые, холмисто-увалистые, грядовые, выпуклые, вогнутые, выпукло-вогнутые, прямые и т. д.); 4) возраст; 5) геологические структуры, на которых развиваются поверхности (на горизонтально лежащих, моноклинальных, слабо и сильно дислоцированных породах, кристаллических, интрузивных породах, в зоне палеозойской, мезозойской, кайнозойской, палеогеновой, неогеновой складчатости, на платформах с глубоким, неглубоким залеганием фундамента, на кристаллических щитах, в зонах со слабыми, сильными неотектоническими движениями и т. д.); 6) литологический состав горных пород (на рыхлых, слабо и сильно сцементированных

осадочных, вулканических, кристаллических, метаморфических породах, гранитоидах, песчаниках, сланцах, известняках и т. д.). Эти критерии подвергаются не таксономической классификации, а лишь только генерализации при переходе от крупных таксонов к мелким.

Вариант типовой унифицированной легенды для съемочных масштабов разработан группой сотрудников ВСЕГЕИ (М. Н. Бойцов, Г. С. Ганешин, В. В. Соловьев, Ю. Ф. Чемяков, С. В. Эшштейн). Он принят для составления геоморфологических карт масштаба 1 : 1 000 000, входящих в комплект Государственной геологической карты СССР в масштабе 1 : 1 000 000. В основе ее лежит картирование поверхности (граней) рельефа, генезис которых передается цветом, морфология — изогипсами, а возраст — штриховками.

Поверхности подразделяются на эндогенные и экзогенные. Среди эндогенных поверхностей различают две группы. А) тектонические: 1) предопределенные разрывными деформациями, 2) предопределенные растущими складчатыми структурами; Б) вулканогенные: 3) созданные излияниями лав, 4) созданные эксплозионными процессами, 5) созданные экструзивными процессами, 6) созданные различными вулканическими процессами.

Среди экзогенных поверхностей также различаются две группы. В) выработанные (денудационные): 7) структурно-денудационные (литоморфные) без подразделения на определенные типы структур, 8) препарировки пластовых структур, 9) препарировки складчатых структур, 10) препарировки тектонических контактов, 11) препарировки интрузивных тел, 12) эрозионные, 13) денудационные, 14) эрозионно-денудационные, 15) комплексной денудации (поверхности выравнивания), 16) абразионные, 17) денудационно-абразионные, 18) экзарационные, 19) денудационно-экзарационные, 20) дефляционные; Г) аккумулятивные: 21) речные, 22) озерные, 23) морские, 24) ледниковые, 25) созданные водными ледниковыми потоками, 26) озерно-ледниковые, 27) созданные временными потоками, 28) эоловые, 29) созданные совместной деятельностью рек и моря, 30) созданные совместной деятельностью рек и озер, 31) созданные совместной деятельностью рек и временных потоков.

В легенде предусмотрены обозначения для подводного рельефа и большое количество внемасштабных знаков.

Методика составления карт генетически однородных поверхностей

Как уже указывалось (гл. III), любая форма рельефа подобна простому или сложному геометрическому телу и, следовательно, может быть разложена на составляющие ее элементарные поверхности — грани (плоские или изогнутые), ограниченные перегибами (ребрами). Так, например, рельеф хребта обусловлен сложным сочетанием склонов (граней), различных по форме (в плане и пространстве), генезису, возрасту, наклону, высоте. Пересекаясь друг с другом, они образуют ребра в виде линий перегибов склонов,

бровок, тыловых швов и др. Каждая из поверхностей (граней) определенного генезиса, составляющая вместе с другими поверхностями (гранями) ту или иную форму рельефа, называется «генетически однородной поверхностью» [138] или «поверхностью ограничения форм рельефа» [88]. Эти элементы рельефа ниже называются просто «поверхностями» или «гранями». Они являются объектами картирования по описываемому методу.

Поверхности могут быть горизонтальными или наклонными (в последнем случае они называются склонами), плоскими, выпуклыми, вогнутыми, сложно изогнутыми, волнистыми, выпукло-вогнутыми, конусовидными и т. п.

Поверхности могут быть простыми и сложными. Наиболее простая однородная по генезису и морфологическим особенностям поверхность, ограниченная естественными границами (ребрами) и неделимая на поверхности более мелкого размера, называется элементарной. Последние картируются в крупных масштабах. При переходе к средним и мелким масштабам картируются уже более сложные поверхности, которые хотя и являются элементарными для данного масштаба, поскольку не могут быть разделены на более мелкие, однако называться элементарными не должны.

Некоторые из генетически однородных поверхностей создаются каким-либо одним агентом морфогенеза (например, эрозионные поверхности). Однако в формировании многих поверхностей, как правило, одновременно принимают участие несколько агентов, сложное взаимодействующих друг с другом (например, денудационные склоны создаются процессами оползания, осыпания, обваливания, плоскостной эрозии, солифлюкции, крипа и др.). Таким образом, понятие «однородности» не исключает одновременного участия нескольких агентов в формировании описываемых поверхностей. Но их деятельность проявляется одинаково для каждой из поверхностей, относящейся к определенной генетической категории (например, сходным образом создаются картируемые в каждом данном районе денудационные склоны, формируются денудационно-эрозионные склоны и т. п.).

Однородность действия рельефообразующих процессов обуславливает и морфологическое сходство поверхностей одного и того же генезиса (например, поверхность поймы в долинах рек характеризуется сходными морфологическими особенностями).

Картирование подобных поверхностей проводится по ведущим (основным) агентам морфогенеза, деятельность же второстепенных отмечается или в тексте легенды, или в объяснительной записке к карте. Обычно ведущими являются один или два агента (см. приложение 5), например, поверхность речного происхождения, поверхность озерно-ледникового генезиса и т. д.

Среди рельефообразующих агентов различают первичные (основные) и наложенные (второстепенные). Поэтому иногда поверхности подразделяют на первичные и наложенные. Примером первых являются тектонические уступы, а последних — склоны расчленяющих их эрозионных борозд.

На картах генетически однородных поверхностей изображаются их морфология, генезис и возраст, передаваемые самостоятельными системами изображения: морфология — изогипсами и дополнительными системами условных знаков, генезис — цветом или черными штриховками, возраст — штриховками и индексами.

В съемочных масштабах картирование проводится непосредственно в поле. В результате всестороннего изучения рельефа выявляют наблюдаемые в нем поверхности, устанавливают их генезис и возраст, изучают их границы. Затем на заранее подготовленную географическую основу наносят границы поверхностей и раскрашивают занимаемые ими площади определенными, «генетическими» цветами или штрихуют их.

Для составления мелкомасштабных карт не требуется проведения полевых работ. Необходимо лишь обобщить и генерализовать все имеющиеся карты более крупного или равных масштабов, аэрофотоснимки, аэрофотопланы и другие материалы. При необходимости уточнения строения тех или иных районов иногда ставятся увязочные маршрутные исследования.

При составлении карт рекомендуется пользоваться типовой легендой, принятой для составления геоморфологических карт масштаба 1 : 1 000 000, входящих в состав Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 1 000 000. Она подготовлена во ВСЕГЕИ группой сотрудников Отдела четвертичной геологии и геоморфологии (см. приложение 5). Эта легенда обязательна при составлении карт масштаба 1 : 1 000 000. Для других масштабов (более крупных или более мелких) она может сохраняться или видоизменяться, дополняться и конкретизироваться в зависимости от геоморфологического строения района, его хозяйственного значения и специализации, масштаба карты, ее назначения и задач, ставящихся при составлении карты.

Порядок оформления карты следующий. Вначале подготавливают географическую основу. Затем наносят границы поверхностей, которые совпадают с водораздельными линиями, линиями перегибов склонов, бровками и т. д. Эти линии (ребра) можно подразделять по степени выраженности (четко выраженные или не выраженные в рельефе), по морфологическим особенностям (прямые, волнистые, зубчатые и т. д.), выделять среди них наблюдаемые (прослеженные в поле или по аэрофотоснимкам) и предполагаемые границы. Таким образом составляется каркас геоморфологической карты (см. гл. III), на котором отчетливо видны пространственное положение (в плане) и морфология (выраженная горизонталями топографической основы) поверхностей. На карту наносятся также дополнительные морфометрические данные (относительные высоты уступов, обрывов, террас и др.). Затем карта раскрашивается. В приложении 5 для всех категорий поверхностей рекомендуются специально подобранные цвета, придающие карте гипсометричность и выразительность. Краски должны быть прозрачными и не очень густыми, чтобы не затемнять других условных обозначений. На черно-белых вариантах карты генезис поверхностей передается штриховыми условными

обозначениями, возраст — индексами, а морфологические особенности рельефа — делением поверхностей на склоны и субгоризонтальные поверхности, внесматбными знаками, специфическими сочетаниями поверхностей. Кроме того, информация по морфологии содержится в генетических категориях поверхностей, так как морфология неразрывно связана с генезисом. На географическую основу черно-белых вариантов карт горизонтали не наносятся.

Важнейшими задачами нужно считать выяснение генезиса поверхностей и разработку генетической легенды для составляемой карты. Типологическая генетическая классификация поверхностей приведена в типовой легенде (приложение 5). Последняя должна конкретизироваться для каждой геоморфологической карты применительно к местным геоморфологическим особенностям. Так, например, среди выработанных поверхностей в типовой легенде выделены поверхности комплексной денудации, эрозионные и т. п. В легенде составляемой карты они могут конкретизироваться следующим образом: Гарская поверхность выравнивания (N_2) с абс. высотами 300—500 м и относительными 10—100 м; VI терраса р. Еловой ($N_2 - Q_1$) высотой 80 м; Сургучинская терраса р. Таежной (Q_1) высотой 60 м и т. д. В числе аккумулятивных поверхностей типовой легенды указаны речные, озерные, морские, ледниковые и т. д. В легенде карты, составляемой для изучаемого района, эти подразделения могут выглядеть так: 1-я терраса (8—12 м) — Q_{III} , 2-я терраса (15—20 м) — Q_{II}^2 , торгашинская терраса (Q_{II}^1) высотой 15—18 м (эти террасы могут быть аллювиальными, озерными, морскими), поверхности конечноморенных гряд сартанского оледенения (Q_{IIISr}) и т. д. Примеры построения региональных легенд можно найти на прилагаемых к руководству макетах геоморфологических карт.

Для каждой генетической категории поверхностей в типовой легенде предусмотрен только один генетический цвет. Поэтому на карте все поверхности определенного генезиса закрашиваются одинаково. Если между ними имеются различия в высотном положении, то они видны из топографической основы (при анализе горизонталей), а различия в возрасте — из «возрастных» штриховок. При составлении крупномасштабных карт может возникнуть необходимость более подробного показа генезиса, чем это предусмотрено типовой легендой. Для изображения этих более подробных генетических категорий внутри основной категории более высокого таксономического ранга применяют оттенки основного «генетического» цвета. Для карт, издающихся типографским способом, часто используются различные наборы сеток [140].

Возраст генетически однородных поверхностей по типовой легенде рекомендуется изображать штриховыми условными обозначениями. Они даются тем же цветом (но более темного оттенка), что и «генетический» фон, на который наносятся. Так, например, средне-четвертичный возраст речной аккумулятивной террасы изображается темно-зеленой горизонтальной штриховкой на зеленом фоне. Условные знаки в легенде предусмотрены только для крупных геохронологических подразделений (эпох, основных четырех подразделений

четвертичного периода). Для показа более дробных подразделений можно, сохраняя основное условное обозначение, менять расстояния между штрихами, толщину штрихов и т. д.

В качестве дублирующей информации возраст поверхностей показывается также геологическими индексами.

Возможны и другие варианты изображения возраста поверхностей на карте. Один из них — использование черных или одноцветных штриховок, накладываемых на цветной «генетический» фон. Так, например, косой черной штриховкой можно показать раннечетвертичный возраст поверхностей разного генезиса, горизонтальной — среднечетвертичный, вертикальной — позднечетвертичный, клеткой — голоценовый и т. д.

Если построение легенды карты не регламентируется какими-либо инструкциями и допускает некоторые вариации в изображении генезиса и возраста, то наилучшие из них следует искать не путем абстрактных рассуждений, а практических опытов на макетах различных участков составляемой карты.

На каждой карте данного масштаба показываются лишь те поверхности, которые можно на ней изобразить. Обычно минимальным пределом для поверхностей округлых (или приближающихся к ним) контуров считают диаметр 4 мм, а для удлиненных площадей — ширину 2 мм. Если в данном масштабе какие-либо поверхности нельзя изобразить на карте из-за небольших размеров, они подвергаются обобщению по площади, генезису, морфологии и возрасту. Таким образом, масштаб карты является критерием степени генерализации картируемых поверхностей.

Карты сопровождаются профилем — блок-диаграммой или несколькими блок-диаграммами (см. гл. III, рис. 3), дающими возможность наглядно показать соотношения элементов рельефа с особенностями геологического строения. Рельеф изображается в перспективе как совокупность поверхностей различного генезиса, которые закрашиваются теми же цветами, что и на карте. Боковые вертикальные срезы используются для показа геологического строения на сером, нейтральном, фоне. Вертикальный и горизонтальный масштабы блок-диаграмм, сопровождающих крупномасштабные карты, чаще всего делаются одинаковыми. Для блок-диаграмм, прилагаемых к мелкомасштабным картам, допускается превышение вертикального масштаба над горизонтальным в 5—10 раз. Допустимо вместо блок-диаграмм составлять геоморфологические профили с показом геологического строения и различных по генезису поверхностей соответствующими «генетическими» цветами по верхней линии профиля.

Ряд исследователей утверждает, что синтетическое представление о рельефе можно получить, только картируя типы рельефа. Но это не так. Сочетания поверхностей отчетливо позволяют различать на «генетических» картах формы, типы, группы типов рельефа и другие таксоны вплоть до морфоструктур, читать историю развития рельефа и решать многие научные и практические вопросы. Карты генетически однородных поверхностей можно сравнить

с геологическими картами, на которых картируются дробные стратиграфические подразделения и которые дают отчетливое представление об областях седиментации, их типах и возрасте, о тектонических структурах, их типах и времени формирования, об истории геологического развития и т. д. Не менее богатую информацию о рельефе дают и «генетические» карты.

Детальное и конкретное изображение рельефа на картах генетически однородных поверхностей увеличивает их практическую ценность по сравнению с морфогенетическими картами при решении многих важных вопросов (поиски полезных ископаемых, строительство дорог, зданий и различных промышленных сооружений и т. д.).

Метод картирования генетически однородных поверхностей появился недавно и поэтому находится в стадии разработки. Именно этим объясняются некоторые недостатки имеющихся генетических классификаций и легенд. Наиболее важные вопросы ближайшего будущего: 1) продолжение исследований по разработке классификации поверхностей (и в первую очередь генетической классификации), 2) совершенствование легенд для карт разных масштабов, 3) разработка проблемы генерализации поверхностей при переходе от крупных масштабов к мелким.

КАРТЫ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ КАТЕГОРИЙ

Морфогенетическими называются карты, содержание которых составляют морфогенетические таксоны различного ранга (формы, подтипы, типы, группы типов, комплексы групп типов рельефа и т. д.). Эти таксоны являются синтетическими категориями. Они выделяются на основе сходства в морфологии (морфометрии, морфографии), генезисе, возрасте, геоструктурной характеристике, особенностях неотектонических движений и структур, геологическом строении и других признаках. Следовательно, каждый из таксонов содержит уже обобщенную составителем карты информацию о рельефе. Эта особенность имеет и положительную, и отрицательную стороны. Положительное заключается в том, что карта дает синтезированное представление о рельефе. Отрицательное обуславливается, во-первых, тем, что процесс синтеза имеющихся материалов и выражение его результатов на карте неизбежно являются субъективными и в большой степени зависят от степени наблюдательности и представлений исследователей. Чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить изображение одной и той же территории на морфогенетических картах разных авторов. Во-вторых, сведения о рельефе даются в слишком обобщенном виде, что ограничивает объем и качественной и количественной информации, который можно получить с морфогенетической карты, по сравнению с картами генетически однородных поверхностей. В-третьих, схематизированность и значительная степень обобщенности картируемых морфогенетических категорий допускают возможность составления морфогенетических карт чисто камеральным путем даже для съемочных масштабов, что приводит

к ошибкам, неточностям и в конечном итоге компрометирует идею геоморфологической съемки морфогенетических категорий.

Отмеченные недостатки не позволяют рекомендовать морфогенетический способ для съемочных масштабов, но он может применяться для составления мелкомасштабных карт обзорного характера или учебного назначения и во всех других случаях, когда необходимо дать синтезированное представление о рельефе.

История развития представлений по морфогенетической классификации рельефа

Классификации являются основой для построения легенд, поэтому ниже кратко рассматривается эволюция взглядов по этой проблеме на наиболее ярких примерах из отечественной литературы.

Одной из наиболее ранних является классификация, предложенная К. К. Марковым [245] и включающая типы, подтипы и формы рельефа. Среди типов выделяются: 1) выработанный (скульптурный); 2) насыпной (насаженный); 3) построенный (тектонический или структурный). Они подразделяются на подтипы (например, морской насыпной или морской скульптурный, озерный насыпной и т. д.), а последние на формы (например, морской насыпной рельеф представлен косами, береговыми валами, террасами, равнинами и т. д.).

В дальнейшем К. К. Марков [246, 247] разработал новый вариант классификации, включающий следующие типы рельефа: 1) эрозионно-тектонический, характерный для складчатых областей, 2) структурный, 3) скульптурный (как структурный, так и скульптурный типы рельефа характерны для платформ), 4) аккумулятивный, развитый в районах погружений земной коры. Каждый из типов подразделяется на подтипы (эрозионно-тектонический рельеф — на высокогорный, среднегорный, низкогорный подтипы, слабо и сильно расчлененные водоразделы и склоны, структурный — на куэсты, вулканические конусы и лавовые потоки, аккумулятивный — на аллювиальные, золотые, морские и другие подтипы, скульптурный — на равнины возвышенные, равнины расчлененные и т. д.).

Эта классификация представляла новый шаг вперед. Однако следует отметить некоторую невыдержанность принципов выделения типов и подтипов. Типы различаются то по генезису (эрозионно-тектонический тип), то по структурному фактору (структурный тип), то по отношению к процессам сноса и накопления осадков (скульптурный и аккумулятивный типы). Скульптурный и структурный типы рельефа распространены не только в платформенных, но и в складчатых областях, а аккумулятивные реликтовые формы широко развиты и в областях поднятий. Эрозионно-тектонический рельеф одновременно может быть и скульптурным, и структурным. Под типом понимаются слишком высокие таксономические категории, представляющие классы или комплексы типов.

И. С. Щукин [476] и Я. С. Эдельштейн [477] по размерам форм рельефа различают мега-, макро-, мезо- и микрорельеф. О. Д. Энгельн [490] выделяет формы I порядка — материки и океаны, формы

II порядка, обусловленные тектоническими процессами, — геосинклинали, геосинклинали, платформы, антиклинали и синклинали, горсты и грабены, и формы III порядка, возникающие в результате наложения экзогенных процессов на формы рельефа II порядка, — долины, равнины и т. д.

И. П. Герасимов [105, 106] выделяет элементы: а) морфологической архитектуры (геотектуры), формирующиеся под влиянием процессов общепланетарного характера (крупнейшие системы высоких гор и глубоких впадин, кристаллические щиты, обширные равнинные страны и др.); б) морфологической структуры (морфоструктуры), возникающие под ведущим влиянием эндогенных сил (крупные неровности рельефа континентов и дна морских впадин: низменности, равнины, плато, отдельные хребты и т. д.); в) морфологической скульптуры (морфоскульптуры), создаваемые преимущественно экзогенными процессами (холмистые или грядовые сочетания ледниковых форм, различные типы эрозионного рельефа и др.), накладывающиеся на морфоструктуры. В пределах указанных категорий могут быть выделены единицы II, III и более низких порядков. К. К. Марков [247] отмечает, что термины «структура» и «скульптура» в геоморфологии до сих пор понимались иначе, чем у И. П. Герасимова, а термины «геотектура» и «морфоструктура» могут применяться как к крупным, так и к более мелким категориям рельефа.

Г. А. Авсюк и другие применительно к району гор Юго-Восточного Казахстана различают три комплекса типов рельефа: 1) горный, или тектонико-скульптурный, 2) межгорных впадин, или тектонико-аккумулятивный; 3) предгорный, или тектонико-аккумулятивно-скульптурный. Каждый из них подразделяется на ряды типов (первый: типы гляциальные, типы высокогорья, типы среднегорья, типы низкогорья, среди которых различается рельеф крутосклонный, рельеф с мягкими контурами и рельеф выровненный; второй: типы областей новейшей аккумуляции, типы областей древней аккумуляции и типы областей денудации). Тип рельефа — это совокупность форм определенного облика, образующаяся и развивающаяся в пределах участка земной коры, «1) испытывающего новейшие движения определенного характера; 2) несущего в себе, в той или иной степени, черты развития, унаследованные от периода, предшествующего новейшему поднятию; 3) характеризующегося определенными признаками проявления современных экзогенных процессов и особым типом поверхностных отложений, связанными прямо или косвенно с определенными климатическими условиями. Характерными внешними признаками, присущими данному типу рельефа, являются особенности вертикального расчленения, определенный средний уклон склонов и определенная господствующая форма последних» [1, с. 20].

И. С. Щукин [472] выделяет четыре группы типов рельефа: первично-тектонический, выработанный, аккумулятивный (построенный) и денудационно-аккумулятивный рельеф. Он различает тектонические формы, слабо затронутые денудацией, и структурные,

возникшие в результате препарировки денудацией древних структур (столовой, слабо дислоцированных осадочных толщ с пологомоноклиновым залеганием или смятых в пологие и широкие складки, интенсивной складчатости геосинклинального типа, складчато-сбро-совой). Тип рельефа И. С. Щукин определяет как закономерно повторяющиеся комплексы элементарных форм рельефа. Нечеткость определения обуславливает таксономическую невыдержанность классификации. В ней в один ряд поставлены типы тектонического рельефа складчатого нагорья, тип тектонического рельефа глыбового нагорья, и типы бедленда, блюдцево-западинный и т. д. Первые два являются настолько крупными, что непригодны для картирования в средних и крупных масштабах. Большинство крупных категорий отнесены не к типам рельефа, а к более высоким таксонам.

Позднее И. С. Щукин [474] и А. И. Спиридонов [391] указали, что тип рельефа складывается из характерных повторяющихся комплексов (сочетаний) определенных форм, развившихся на определенной геологической структуре под воздействием одного и того же комплекса рельефообразующих факторов. Это определение нечетко, так как применимо и к очень крупным и геоморфологическим сложно устроенным районам (например, Сибирская платформа), и к небольшим участкам (например, склон любой антиклинальной гряды).

Классификация, разработанная С. Г. Бочем и И. И. Красновым [52], включает 11 таксономических категорий, подчиненных друг другу (от крупных к мелким): 1) континенты и океанические впадины; 2) геозоны (например, платформы); 3) геотектуры (горы, плато, низменности); 4) мегаморфоструктуры (крупные части платформ и складчатых поясов); 5) морфоструктуры (отдельные горные цепи, впадины и др.); 6) комплексы типов рельефа (комплекс краевых ледниковых образований, материковых оледенений и др.); 7) морфогенетические типы рельефа (камовый, овражный, термокарстовый и др.); 8) группы форм (моренные холмы, барханы и др.); 9) формы рельефа (карстовая воронка, конечная морена и др.); 10) части форм рельефа (элементарные поверхности или грани рельефа, например днище и склоны ледникового цирка); 11) микроформы (эрозионные борозды, полигональные грунты и др.).

Эта классификация отразилась в проекте таксономической классификации основных морфогенетических категорий рельефа, разработанном постоянной Межведомственной геоморфологической комиссией в 1956—1957 гг.:

1) категории I порядка — основные планетарные структурно-морфологические элементы поверхности Земли (материки, океанические впадины);

2) категории II порядка — крупнейшие геотектонические элементы, выделяющиеся по общей направленности и степени подвижности в пределах материков: а) равнины материковых платформ (включая плато и плоскогорья), б) горы и впадины областей горообразования; в пределах океанических впадин: в) равнины океанических платформ, г) островные дуги и впадины геосинклинальных областей;

3) категории III порядка — выделяются по преобладанию денудации или аккумуляции, определяемым направленностью движения и степенью подвижности в пределах равнин материковых платформ: а) равнины аккумулятивные, б) равнины денудационные; в пределах гор и впадин областей горообразования: в) горы и нагорья (системы хребтов), г) межгорные и предгорные впадины;

4) категории IV порядка — различаются по типу геологического строения и высотному положению, определяемому направленностью и интенсивностью движения; равнины аккумулятивные подразделяются на низкие и высокие, с глубоким или близким залеганием складчатого основания, отражающегося или не отражающегося в рельефе; денудационные равнины и плато разделяются на низкие и возвышенные на горизонтально или моноклинально залегающих пластах, складчатом или кристаллическом основании. К этой же категории относятся плато и плоскогорья. Горы и нагорья областей горообразования подразделяются на низкие, средние, высокие и высочайшие на кристаллическом, древнем складчатом основании и в альпийских геосинклиналях. Межгорные и предгорные впадины областей горообразования различаются по глубокому или близкому залеганию складчатого основания;

5) категории V порядка — выделяются по ведущему экзогенному фактору или по вулканизму. Это морские, аллювиальные, озерные, озерно-аллювиальные, ледяные, ледниковые, водно-ледниковые, пролювиальные, золотые равнины. Среди денудационных равнин, плато и плоскогорий различаются абразионные, эрозионно-денудационные, морозно-солифлюкционной денудации и аридной денудации; среди гор и нагорий — с эрозионным расчленением, с ледниковой обработкой, с нивально-солифлюкционной денудацией, с аридно-денудационной обработкой; среди межгорных и предгорных впадин — с морской, аллювиальной, озерной, ледниковой, водно-ледниковой и пролювиально-делювиальной аккумуляцией. Вулканические элементы рельефа подразделяются на вулканические равнины, плато, горы и нагорья;

6) категории VI порядка (типы рельефа) — выделяются по основным характерным чертам морфологии, являющимся результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов и особенностей истории и стадий развития (классификация их не дается);

7) категории VII порядка (формы рельефа) — небольшие изолированные неровности земной поверхности, обладающие четкими границами (дюны, озы, камы, складки, соляные купола, небольшие вулканы). Выделяются по ведущему экзогенному или эндогенному процессу;

8) категории VIII порядка (элементы форм) — части форм рельефа (элементарные поверхности, грани форм). Выделяются по положению в пространстве и по типу ведущего экзогенного или эндогенного процесса, создавшего их (поверхности террас, склоны террас, барханов, моренных холмов, столовая поверхность останцовая возвышенности, поверхности тектонического разрыва);

9) категории IX порядка (микроформы) — выделяются по своему образу внешнего облика и характеру преимущественно экзогенного процесса, обусловленного специфическими особенностями физико-географической обстановки, связанными с проявлением географической зональности [480].

К описанной выше близка классификация, предложенная Н. В. Башениной, О. К. Леонтьевым, М. В. Пиотровским и Ю. Г. Симоновым [252], в которой выделяется девять таксонов: 1) планетарные элементы (материки, материковый склон и океанические впадины); 2) элементы материков и океанических впадин (равнины, горы, островные дуги и т. д.); 3) группы типов мегарельефа (аккумулятивные и денудационные равнины, горы, нагорья, впадины); 4) типы мегарельефа (горы альпийской складчатости и т. д.); 5) группы типов рельефа (равнины ледниковые и т. д.); 6) типы рельефа (средневысотные сводово-глыбовые складчатые горы с унаследованной отпрепарированной древней складчатой структурой, с активными гольцовыми террасами и т. д.); 7) мезоформы (овраги, речные террасы); 8) части мезоформ (склоны разного генезиса); 9) микроформы.

А. Г. Доскач, Н. В. Думитрашко, С. Л. Кушев, В. Н. Олюнин, Б. А. Федорович [332] разработали следующую классификацию: 1) наиболее высокая категория — суша и дно океанов и морей; 2) равнины и горы; 3) аккумулятивные и денудационные равнины, древние и молодые горы; 4) группы типов рельефа (аккумулятивные и денудационные равнины разного генезиса, древние и молодые горы с ледниковой, аридно-денудационной обработкой и т. д.); 5) типы рельефа — участки, характеризующиеся единством генезиса и сходными основными особенностями морфологии и морфоструктуры (складчатые высокогорья с ледниковой обработкой, возвышенные денудационные равнины со следами ледниковой аккумуляции и т. д.) с указанием возраста рельефа; 6) подтипы рельефа, выделяющиеся по характеру морфологии и расчленения (крупнохолмистая моренная среднечетвертичная равнина и т. д.); 7) комплексы форм рельефа — закономерное повторение морфологически и генетически однотипных форм рельефа (барханные поля, камовый рельеф и т. д.); 8) формы рельефа — элементарные образования, отличающиеся четко выраженными индивидуальными морфологическими особенностями, созданные одним или несколькими совокупно действующими процессами (склоны, холмы, озы, камы, балки и т. д.).

Большинство из описанных классификаций основано на принципе последовательного деления поверхности земного шара на все более и более мелкие в территориальном отношении единицы (от материков и океанических впадин до микроформ), что обуславливает их сходство с единицами геоморфологического районирования. С. Г. Боч и И. И. Краснов [52] считают, что таксоны типологической классификации эквивалентны единицам геоморфологического районирования: геозоны — геоморфологическим зонам, геотектуры — геоморфологическим странам, мегаморфоструктуры — провинциям, морфоструктуры — подпровинциям, комплексы типов рельефа — областям, типы рельефа — районам, подтипы рельефа — подрайонам, формы

рельефа — геоморфологическим фациям, части форм рельефа — геоморфологическим участкам. Однако принципы выделения типологических таксонов (поиски общего, типического, типологического) и категорий геоморфологического районирования (поиски различий, специфических особенностей, отличающих одни участки земной поверхности от других) не позволяют поставить между ними знак равенства. К тому же на карте типологические таксоны мозаично сочленяются друг с другом, тогда как единицы геоморфологического районирования территориально обособлены и не могут взаимно проникать друг в друга.

Кроме того, перечисленные классификации построены не на строго выдержанной логической основе [393]. Таксономия — это отдел систематики, рассматривающий объем и взаимное подчинение таксономических категорий (явлений, объектов). В биологии различают такие таксоны (от крупных к мелким), как царство, тип, класс, отряд или порядок, семейство, род или серия, вид, разновидность, в геологии — группа (эра), система (период), отдел (эпоха), ярус (век) и т. д. Допустимо выделение таксонов I, II, III и тому подобных рангов.

Классификация должна строиться по закону деления понятий [197]. При этом объекты или явления какого-либо рода по наиболее существенным признакам, характерным для них и отличающим их от других объектов или явлений, подразделяют на таксоны I ранга, последние, в свою очередь, по другим существенным признакам (подчиненным первым) делят на таксоны II ранга и т. д.

Классификация имеет научную и практическую ценность в том случае, если она основана на наиболее существенных признаках. Однако выбор последних представляет сложную задачу. Нередко одни и те же признаки оцениваются по-разному: одни исследователи считают их важнейшими, другие — второстепенными. Решение этой задачи осложняется слабой изученностью генезиса ряда форм рельефа. Поэтому разработка классификации представляет сложную и еще не решенную проблему.

«Таксономические категории», выделенные в описанных выше классификациях, в действительности не являются ими (за некоторыми исключениями). Они имеют равный таксономический (систематический) ранг, так как получены в результате «... однократного деления понятия формы рельефа по их размерам, а не путем многократного деления того же понятия с употреблением каждый раз новых дополнительных признаков» [393, с. 132]. Выделенные в этих классификациях формы мега-, макро-, мезо- и микрорельефа в действительности не являются таксономически подчиненными друг другу и не образуют ряда классификационных или таксономических категорий рельефа разных рангов. Неправильно также подчинять экзогенные категории рельефа эндогенным. Все эти категории могут самостоятельно классифицироваться по присущим им признакам.

Попытка построения логически выдержанной классификации принадлежит А. К. Рюмину [360]. Самыми крупными категориями он считает: 1) тектонический горный рельеф; 2) денудационный

рельеф равнин и 3) аккумулятивный рельеф равнин. Каждая из них делится «...по особой, только ей присущей системе классификационных признаков, образуя свои собственные классификационные ряды» [Там же, с. 107]. Так, например, для горного рельефа основными классификационными признаками служат (в порядке подчинения): 1) абсолютная высота, 2) структура новейших тектонических поднятий, 3) факторы морфоскульптуры I порядка (агент и общая оценка его действия), 4) структурно-литологические особенности субстрата, 5) основные черты морфологии, 6) факторы морфоскульптуры II порядка, 7) морфология элементов мезорельефа, 8) наличие и значение иных генетических форм и гетерогенных форм рельефа (табл. 7).

Классификационные признаки для денудационного и аккумулятивного рельефа равнин приведены в табл. 8 и 9. В число классификационных признаков не входит возраст рельефа, так как это признак равной значимости для всех таксономических единиц. Классификационные признаки накладываются друг на друга. При выделении таксономических единиц какого-либо ранга суммируются все признаки, относящиеся и к данной, и к выше расположенным единицам. Чем ниже таксономический ранг последних, тем детальнее их характеристика. Основными таксономическими единицами, по А. К. Рюмину, являются: 1) морфогенетическая категория (аккумулятивный рельеф равнин), 2) комплекс типов рельефа (аккумулятивная морская равнина, формирующаяся в условиях общего слабого опускания), 3) группы типов рельефа (аккумулятивная морская равнина, формирующаяся в условиях общего слабого опускания, горизонтальная, плоская, неглубоко расчлененная), 4) тип рельефа (аккумулятивная морская равнина, формирующаяся в условиях общего слабого опускания, горизонтальная, плоская, неглубоко расчлененная, с наложенными мелкими эоловыми формами), 5) подтип рельефа (аккумулятивная морская равнина, формирующаяся в условиях общего слабого опускания, горизонтальная, плоская, неглубоко расчлененная, с наложенными мелкими эоловыми формами, термокарстовыми воронками, дюнами).

В масштабе 1 : 1 000 000 картируются морфогенетические категории, комплексы типов и группы типов; в масштабе 1 : 500 000 — морфогенетические категории, комплексы типов, группы типов и типы рельефа; в масштабах 1 : 200 000 и 1 : 100 000 — все вышеперечисленные таксономические единицы и подтипы рельефа.

Критикуя эту классификацию, А. И. Спиридонов [393] отмечает, что выражение «категории рельефа» следует считать термином свободного пользования, а не применять его для таксономических единиц высокого ранга. Не выдержаны признаки выделения наиболее крупных категорий (для гор применен тектонический признак, а для равнин — характер экзогенных процессов). Кроме того, различные признаки (тектонические, литолого-структурные, морфографические и т. д.) используются внутри классификации, как правило, однократно. В действительности же они должны входить в характеристику каждого таксона во все более и более детализированном виде. Если

Классификация тектонического горного рельефа, по А. К. Рюмину [360]

Классификационные признаки	Примеры частных классификаций по каждому признаку	Таксоны	Масштаб карт
Абсолютная высота	Высочайшие горы (>4000 м), высокие (2000—4000 м), средние (1000—2000 м), низкие (500—1000 м)	II	1 : 1 000 000
Структура новейших тектонических поднятий	Складчато-глыбовые, глыбовые, скадчатые		
Факторы морфоскульптуры I порядка (агент и общая оценка его действия)	Резко (слабо) расчлененные эрозией, с преобладанием (наличием) форм ледниковой обработки	III	1 : 500 000
Структурно-литологические особенности субстрата	На интенсивно-складчатых структурах метаморфических толщ, на пологоскладчатых структурах терригенных толщ, на массивах гранитов		
Основные черты морфологии	Острогребневые хребты, плосковершинные хребты, сложнопозубренные хребты и массивы, куполовидные массивы	II, III, IV	1 : 200 000 1 : 100 000
Факторы морфоскульптуры II порядка	Экзарация, нивация, гравитационные процессы, дефляция, эрозия		
Морфология элементов мезорельефа	Кары, всячиче долины, ложбины, пологосклонные части хребтов и седловин, турткули	II, III, IV, V	1 : 200 000 1 : 100 000
Наличие и значение иных генетических форм и гетерогенных форм рельефа	Конечноморенные гряды, шлейфы подножий, конусы выноса, речные террасы, каменные моря		

Примечание (к табл. 7, 8, 9). Ранги таксономических единиц: II—комплекс типов рельефа, III—группы типов рельефа, IV—типы рельефа, V—подтипы рельефа. К категории I ранга относятся тектонический горный рельеф, денудационный рельеф равнин и аккумулятивный рельеф равнин.

Классификация денудационного рельефа равнин, по А. К. Рюмину [360]

Классификационные признаки	Примеры частных классификаций по каждому признаку	Таксоны	Масштаб карт
Связь с геологической структурой	Структурно-денудационный пластовый рельеф. Денудационный рельеф (пенеплен)	II	
Режим новейших тектонических движений (тип и интенсивность)	Общее интенсивное (слабое) поднятие. Горстовое интенсивное (слабое) поднятие. Сводовое интенсивное (слабое) поднятие		
Преобладающий агент (или агенты) денудации	Эрозия и плоскостной смыв, нивально-солифлюкционные процессы, абразия, дефляция	III	1 : 1 000 000
Абсолютная высота	Плоскогорья, высокие плато, плато, равнины		
Морфология поверхности	Плоские, пологоволнистые, увалистые, холмистые, холмисто-увалистые, грядовые, холмисто-грядовые, мелко-сопочные		
Расчлененность	Глубоко расчлененные, неглубоко расчлененные	II, III, IV	1 : 500 000
Денудационная устойчивость пород субстрата	Карбонатные породы, массивные терригенные породы, сланцеватые метаморфические породы, граниты, траппы		
Крупность форм мезорельефа I порядка	Крупные, средние, мелкие		
Морфология элементов мезорельефа II порядка	Гривистые, ложбинные, балочные, западинные, овражные, котловинные	II, III, IV, V	1 : 200 000 1 : 100 000
Наличие и значение генетических форм и гетерогенных форм рельефа	Речные террасы, моренные гряды и холмы, камы, заандры, солифлюкционные террасы, грязевые вулканы, осыпи, курумы		

Классификация аккумулятивного рельефа равнин, по А. К. Рюмину [360]

Классификационные признаки	Примеры частных классификаций по каждому признаку	Таксоны	Масштаб карт
Режим новейших тектонических движений (тип и интенсивность)	Общее интенсивное (слабое) опускание. Интенсивный (слабый) синклинальный прогиб. Интенсивное (слабое) опускание грабенного типа	II	1 : 1 000 000
Агент аккумуляции	Морские аллювиальные, озерные, пролювиальные, озерно-ледниковые, зандровые		
Морфология поверхности	Горизонтальные, наклонные, террасированные равнины. Плоские, пологоволнистые, увалистые, холмистые	III	
Расчлененность	Глубоко расчлененные, неглубоко расчлененные		
Наложённые факторы денудационного преобразования I порядка	Эрозия и плоскостной смыв. Мерзлотно-солифлюкционные процессы. Дефляция	II, III, IV	1 : 500 000
Крупность форм мезорельефа I порядка	Крупные, средние, мелкие		
Наложённые факторы денудационного преобразования II порядка	Оползневые процессы, солифлюкция, деятельность временных потоков, суффозия, термокарст	II, III, IV, V	1 : 200 000 1 : 100 000
Наличие и значение генетических форм и гетерогенных форм рельефа	Оползни, вад, суффозионные ванны, термокарстовые депрессии, террасы, гривы, дюны		

характеристика гор как «складчатых» достаточна для комплексов типов, то для типов или подтипов она уже нуждается в детализации (например, по антиклинальным или синклиналильным структурам и т. д.). Нельзя противопоставлять тектонический рельеф денудационному и аккумулятивному, так как тектоника является всеобъемлющим фактором, участвуя в создании как аккумулятивных, так и денудационных равнин.

Краткий обзор представлений по морфогенетической классификации рельефа показывает, что эта проблема до настоящего времени остается все еще не решенной.

Наиболее актуальными задачами, связанными с «морфогенетическим» картированием, являются разработка общепринятой типологической классификации морфогенетических категорий рельефа и разработка общепринятых легенд для морфогенетических карт разных масштабов.

Методика составления карт морфогенетических категорий рельефа

Методика составления таких карт зависит от того, к какой категории они относятся. Среди них различаются типологические, морфогенетические, морфоструктурные, структурно-типологические и морфоструктурно-морфоскульптурные карты. Названия эти условны, но отражают содержание карт.

Истоки типологического морфогенетического направления находятся в трудах К. К. Маркова. Он впервые развил представление о морфогенетических типах рельефа, под которыми понимаются «участки земной поверхности, характеризующиеся определенными чертами рельефа, отражающими определенные характерные особенности генезиса» [247, с. 286]. Он предложил картировать эти типы, окрашивая их в разные цвета и дополняя штриховкой и цифровой информацией по морфометрии.

Морфогенетическая легенда для карт масштаба 1 : 50 000—1 : 500 000 разработана З. А. Сваричевской [367]. Морфография передается системой черных штриховых обозначений и внесматбных знаков для мелких форм рельефа, показываемых на генетическом цветном фоне. Выделяются следующие генетические категории рельефа: тектонически-денудационный, вулканический, денудационный, карстовый, водно-эрозионный, и водно-аккумулятивный, ледниковый, озерно-морской, эоловый и биогенный. Скульптурные формы показываются фоновой цветной заливкой, аккумулятивные — цветным крапом, скульптурно-тектонические — косой широкой цветной штриховкой соответствующих генетических цветов. На нецветных картах скульптурный рельеф изображается горизонтальной штриховкой, скульптурно-тектонический — штриховкой в клетку, аккумулятивный — белым фоном. Гипсометрия передается усредненными высотами, помещаемыми в центре контуров; горизонтали рекомендуется изображать на отдельной кальке. Возраст рельефа обозначается геологическими индексами. Для каждой категории рельефа в легенде указывается также литологический состав горных пород.

Легенда З. А. Сваричевской способствовала более широкому внедрению геоморфологического картирования в практику геологических исследований. Однако она не лишена и недостатков: 1) иероглифические и, следовательно, не наглядное изображение рельефа; 2) отсутствие количественных характеристик рельефа (кроме усредненных высот и размеров площадей, занимаемых типами рельефа); 3) отсутствие хорошо разработанной системы таксономически соподчиненных друг другу категорий рельефа.

Для карт масштаба 1 : 50 000—1 : 25 000 Н. В. Башенина, О. К. Леонтьев, Ю. Г. Симонов, В. С. Выскребенцева и И. П. Заруцкая [252] разработали вариант морфогенетической легенды. В первом разделе перечисляются эндогенные формы: 1) общего и локального проявления молодых тектонических движений (горсты, грабены, разломы, антиклинальные возвышенности и т. д.), показываемые черными штриховыми условными обозначениями; 2) отпрепарированные элементы структуры и структурные формы рельефа, обозначаемые черными штриховыми условными знаками (антиклинальные и синклинальные складки, разломы); 3) вулканические (трецинного и центрального типов извержений); 4) псевдовулканические. Первые две категории показываются на карте черными штриховыми условными знаками, а последние две — фоновой закрашкой (гаммой красных цветов).

Во втором разделе даны условные знаки для групп экзогенных форм: 1) флювиальных (террасы, поймы, дельты, склоны делювиального накопления и плоскостного смыва и т. д.), 2) гравитационных (обвально-осыпных и оползневых), 3) ледниковых (днища и склоны трогов и каров, друмлины и т. д.), 4) водно-ледниковых (эрозионные и аккумулятивные: ложбины стока, озы, камовые террасы и т. д.), 5) морозно-солифлюкционного и мерзлотного происхождения (склоны солифлюкционного накопления и сноса, наледные террасы, поверхности гольцового выравнивания и др.), 6) созданных совокупным действием нивальных, нивально-водных, ледниковых, солифлюкционных и гравитационных процессов (склоны, расчлененные нивальной денудацией, лавинные конусы выноса и др.), 7) морских и озерных (созданных волновыми процессами, приливотливными и сгонно-нагонными процессами, неволновой аккумуляцией), 8) созданных совокупным действием эоловых, флювиальных и гравитационных процессов («дурные земли» и др.), 9) эоловых (эоловых равнин и др.), 10) карстовых и суффозионных, 11) биогенных, 12) созданных деятельностью человека. Первые десять групп форм показываются на геоморфологических картах цветной фоновой закрашкой, а последние две — условными знаками.

Легендой предусмотрено 256 знаков для показа экзогенных и эндогенных форм и их частей.

Ограничиваясь приведенными примерами, отметим, что характеристика большого количества морфогенетических карт и их легенд дана в работе А. И. Спиридонова [391], сборнике «Геоморфологическое картирование» [101] и в других изданиях.

Морфоструктурное направление нашло отражение в работах

С. Г. Боча и И. И. Краснова [52] и на картах, составленных И. И. Красновым, С. Ф. Козловской, Е. И. Корнутовой и другими. Эти исследователи полагают, что каждой геоструктуре или ее элементам отвечают специфические типы рельефа или их сочетания в виде комплексов типов, морфоструктур и т. д. Каждой морфоструктуре присваивается определенная гамма цветов, оттенками которых показываются типы и группы типов рельефа. Последние передают морфологию и генезис в обобщенном виде («в пачке»). Морфологические особенности на карте не изображаются, а характеризуются в легенде текстовыми определениями и цифрами средних высот. Возраст показывается только в легенде геологическими индексами обобщенно для крупных морфоструктур (например, Сг — Q и т. д.).

В легенде одной из обзорных карт Сибирской платформы И. И. Краснов, Е. И. Корнутова и В. Б. Соколова выделяют морфогенетические категории IV (мегаморфоструктуры), V (морфоструктуры) и VI (комплексы типов рельефа) порядков. Первые две категории выделяются по различиям в морфологии, генезисе, характере движений и структурах. Так, например, мегаморфоструктура «горы глыбовые денудационно-тектонические» (морфология и генезис) характеризуется сводовыми поднятиями, глыбовыми опусканиями и поднятиями и кайнозойскими глыбовыми дизъюнктивными структурами (горстами и грабенами), несогласно наложенными на докембрийское основание.

В пределах этой мегаморфоструктуры выделяются четыре морфоструктуры: а) горы высокие тектонико-денудационные, характеризующиеся интенсивными поднятиями и глыбовыми структурами; б) горы средние тектонико-денудационные районов умеренных поднятий глыбовой структуры; в) предгорья грядовые тектонико-денудационные, характеризующиеся неравномерными поднятиями и опусканиями и относящиеся к структурной зоне сопряжения с платформой; г) межгорные впадины тектонико-денудационно-аккумулятивные районов резких опусканий, структурно представляющие собой грабены байкальского типа. Первые три морфоструктуры пространственно совпадают с хребтами Хамар-Дабан, Приморским, Байкальским, Баргузинским, а последняя — со впадинами оз. Байкал и др.

Каждой морфоструктуре присвоена своя цветовая гамма, оттенками которой показаны группы типов рельефа. Например, группе типов «горы средние тектонико-денудационные» соответствуют: 1) горы средние грядово-останцовые, местами гольцовые, с остатками поверхностей выравнивания, густо и глубоко расчлененные, с редкими ледниковыми формами (высоты абсолютные 1700—2000 м, относительные 800—900 м); 2) горы средние альпийские, с резким ледниковым расчленением (высоты абсолютные 1000—1900 м, относительные 500—1200 м); 3) горы средние грядовые, с остатками поверхностей выравнивания, глубоко и густо расчлененные (высоты абсолютные 1000—1350 м, относительные 600—850 м).

Критикуя принципы составления морфогенетических карт на примере карты Сибирской платформы, Г. С. Ганешин [87] отметил следующие недостатки: 1) сочетания морфологических особенностей

с генезисом в природе очень разнообразны, что обуславливает появление очень большого количества морфогенетических комбинаций (на карте их 130); 2) неодинаковая детальность изображения горного и равнинного рельефа (первый показывается обобщенно и субъективно, последний — детально и объективно); 3) смещение типологического и регионально-тектонического подхода, при этом особенности геоморфологического строения ставятся в формальную зависимость от древних тектонических структур, тогда как в действительности развитие однотипных элементов рельефа можно наблюдать в разных тектонических структурах; 4) авторы карты в ряде случаев исключают из морфогенетического типа рельефа склоны речных долин, картируя их отдельно.

В основе структурно-типологического морфогенетического картирования лежит принцип показа морфогенетических типов рельефа на геоструктурном фоне. Сюда относится Геоморфологическая карта СССР [98] в масштабе 1 : 4 000 000. На ней выделен рельеф суши, берегов и дна озер, морей и океанов. Рельеф суши подразделяется на категории: 1) аккумулятивных равнин, 2) денудационных равнин и плато, 3) денудационно-тектонических гор, 4) вулканических гор и плато. Каждая из категорий в дальнейшем делится по высотным уровням, происхождению (при этом учитывается как первичный их генезис, так и наложенные процессы и формы рельефообразования) и отношению к геоструктурам. Все эти категории показываются цветным фоном. Особенности морфологии передаются горизонталями. Тектонические структуры показываются системой штриховок, которыми изображены щиты, платформы, складчатые, складчато-глыбовые и глыбовые структуры областей горообразования различного возраста. Мелкие формы рельефа показаны внемасштабными значками, цвет которых указывает на их генезис. Возраст рельефа обозначен индексами.

К описываемой категории относится также Геоморфологическая карта СССР масштаба 1 : 5 000 000 [99]. Наиболее высокие таксономические категории на карте — равнины и плато, горы и нагорья. Равнины и плато подразделяются в зависимости от характера неотектонических движений на аккумулятивные равнины (области устойчивых опусканий), структурно-денудационные равнины и плато (области слабых поднятий) и денудационные равнины — пенеплаты (области слабых поднятий). Среди гор и нагорий выделяются районы поднятий (собственно горный рельеф) и погружений (внутригорные и предгорные впадины). Аккумулятивные равнины подразделяются на морские, озерные, озерно-ледниковые, аллювиальные и озерно-аллювиальные, ледниковые, водно-ледниковые и аллювиально-пролювиальные. Кроме того, они различаются по высоте (ниже уровня моря, 0—100, 100—200, 200 м и выше). Равнины показаны на карте гаммой синих и зеленых красок.

Структурно-денудационные равнины и плато подразделяются на типы в зависимости от характера структур пород, на которых они развиты (плоско-волнистые, местами ступенчатые на горизонтально лежащих породах; холмисто-грядовые на складчатом основании;

увалисто-холмистые ступенчатые на горизонтально лежащих породах; столовые ступенчатые; с куэстовыми грядами на моноклинально падающих пластах; холмисто-увалистые предгорные). Среди пeneпленов различаются: плоско-увалистые на складчатом основании без проявления в рельефе структурных форм и плоско-увалистые на древнем кристаллическом основании без проявления в рельефе структурных форм. Описываемые категории подразделяются по высоте на пять ступеней (0—100, 100—200, 200—500, 500—1000 и выше 1000 м). Перечисленные типы показаны цветным фоном, а высотные ступени — более интенсивной окраской.

В зависимости от характера субстрата различаются горы на складчатом основании, на древнем кристаллическом основании, на моноклинально падающих пластах. Кроме того, выделены вулканические горы и нагорья. При расчленении гор на типы учитывается характер водоразделов, степень сохранности реликтов древних поверхностей выравнивания и степень отражения древнего структурного плана. Кроме того, они подразделяются на низкие (500—1000 м), средние (1000—2000 м) и высокие (выше 2000 м). Типы гор показаны цветным фоном, а оттенки основных цветов используются для выделения указанных высот. Особенностью карты является раздельный показ форм, созданных ведущими агентами морфогенеза, и наложенных форм, образованных второстепенными или наложенными экзогенными агентами. Первые изображаются фоновой закраской, а последние — системой наложенных штриховок. Так, например, силурийское плато южнее Ленинграда показано желтой краской как денудационная равнина на горизонтально залегающих отложениях, а развитые на его поверхности ледниковые формы изображены штриховкой.

Морфоструктурно-морфоскульптурное направление основано на раздельном показе форм, созданных эндогенными и экзогенными процессами. К этой категории относятся карты масштабов от 1 : 17 500 000 до 1 : 60 000 000 мира и материков в «Физико-географическом атласе мира» [433], на которых показаны морфотектоника суши (геотектуры и морфоструктуры) фоновой раскраской и морфоскульптуры (наложенные экзогенные формы рельефа) значками и штриховкой. На картах изображены геотектуры I порядка — континенты и океаны. В пределах континентов различаются геотектуры II порядка: а) равнинные области платформ вместе с платформенными горами, б) горные сооружения складчатых поясов.

В пределах равнинных областей выделяются следующие возрастные и морфологические категории: цокольные равнины и плоскогорья древних щитов, равнины и плато древних плит, равнины, низменности и мелкосопочник молодых платформ. В этих морфоструктурных областях различаются отдельные морфоструктуры I порядка — крупные возвышенности, низменности, плато, депрессии, горные хребты и др., II порядка — тектонические валы, впадины, III порядка — соляные купола и др. На некоторых картах древние платформы подразделяются на средневысотные (низкие) равнины и высокие равнины. Показаны горы, нагорья и кряжи,

образовавшиеся в результате новейшей активизации в пределах древних и молодых платформ, краевые низменности и вулканические плато.

Горные сооружения подразделяются на следующие категории: 1) молодые складчатые и глыбово-складчатые горы кайнозойских орогенических поясов; 2) возрожденные горы, возникшие в новейший этап на месте пенепленизированных складчатых поясов. Среди гор второго типа по возрасту складчатых поясов различаются: а) горы и нагорья, преимущественно глыбовые, в областях докембрийской складчатости; б) горы и нагорья, преимущественно складчато-глыбовые, областей палеозойской (каледонской и герцинской) складчатости; в) горы и нагорья, преимущественно глыбово-складчатые и складчатые, в областях мезозойской складчатости. Выделяются отдельные морфоструктурные единицы (горы, нагорья, межгорные плато и др.).

Морфоскульптура суши показывается по областям: 1) современных ледниковых и криогенных форм рельефа, 2) древних ледниковых форм рельефа, 3) современных и древних флювиальных эрозионных и аккумулятивных форм рельефа; 4) современных и древних аридных форм рельефа, 5) форм рельефа различного генезиса и возраста (грив, бэровских бугров, лёссовых покровов и т. д.). При выделении областей использованы генетический и зональный принципы. Входящие в них формы рельефа показаны на картах значками разного цвета. На картах применены генетические буквенные индексы.

Приведенные примеры говорят о значительном разнообразии в способах составления морфогенетических карт.

Морфология, генезис и возраст рельефа на морфогенетических картах показываются по-разному из-за отсутствия общепринятой типологической классификации (что обуславливает разнообразие легенд, а следовательно, и содержания карт) и вследствие различного изображения картируемых объектов. Большинство геоморфологов для обозначения морфологии и генезиса рельефа пользуются методом цветного качественного фона. При этом каждой крупной группе родственных морфогенетических категорий присваивается гамма близких цветовых оттенков, которыми показываются отдельные морфогенетические категории, входящие в эту группу. Возраст в этом случае изображается индексами. Другие исследователи присваивают указанным категориям определенные цвета, а оттенками последних показывают возраст рельефа. Третьи выделяют цветом основные крупные морфогенетические категории, а включенные в них более мелкие таксоны изображают различной тональностью основных цветов.

Приступая к составлению карты, необходимо прежде разработать легенду на основе принятой для этого классификации. Содержание ее определяется набором морфогенетических категорий, устанавливаемым в результате ознакомления со всеми имеющимися материалами по району и проведенных полевых исследований. В зависимости от масштаба карты выбираются те таксономические категории, которые на ней могут быть показаны (подтипы, типы, группы типов

и т. д.). Проект легенды составляется еще перед выездом в поле; в процессе полевых исследований в него вносятся необходимые поправки.

Обычно на морфогенетических картах показываются категории рельефа, объединяющие характеристику морфологических особенностей и генезиса («в пачке»). Границы таксонов переносят с полевой геоморфологической карты на подготовленную топонсовую. Эти картируемые объекты показывают цветным фоном. Обычно для горного рельефа принимается гамма коричнево-красных цветов (чем выше, тем темнее), а для равнинного — желто-зеленых (чем выше, тем светлее). Для родственных по генезису категорий принимается близкие цвета (так, например, все формы рельефа морского происхождения показывают голубыми цветами, речного — зелеными и т. д.). Желательна унификация генетических цветов. За основу для подбора красок можно взять цветовую гамму, применяемую на Геоморфологической карте СССР масштаба 1 : 5 000 000 [99].

Информация о морфологии рельефа, содержащаяся в легенде, должна дополняться системой изогипс на карте. В необходимых случаях желательно наносить дополнительные горизонтали.

На крупномасштабных морфогенетических картах необходимо наносить характерные линии — «каркас» рельефа (линии водоразделов различного типа: волнистых, ломаных, зубчатых и т. д., тальвегов, перегибов склонов, «ребер», ограничивающих склоны, и т. д.). При этом нужно предусмотреть передачу морфологических особенностей указанных элементов (например, сплошной линией показывать резкие перегибы, зигзагообразной — зубчатость, пунктиром — неясно выраженные, сполоченные перегибы, волнистой линией — плавно изгибающиеся линии водоразделов и т. д.). Эти данные обогатят содержание цветовых пятен морфогенетических объектов на карте.

Возраст рельефа показывают индексами или различной густотой цвета (чем моложе, тем светлее; возможен и обратный порядок).

Отдельные картируемые формы рельефа наносятся на карту знаками, размеры которых пропорциональны величине форм. Мелкие формы показываются черными или цветными (соответственно генезису) внемасштабными знаками.

Наложённые системы черных и цветных штриховок обычно употребляют для: 1) показа литологического состава рыхлых отложений, слагающих аккумулятивные формы рельефа; 2) изображения наложенных экзогенных форм и процессов, имеющих площадное распространение, 3) изображения структур и литологического состава коренных пород.

Следует помнить, что совмещение большого количества систем штриховок делает карту трудночитаемой.

Морфогенетические карты, так же как и другие типы карт, должны сопровождаться геоморфологическими профилями или профилями — блок-диаграммами.

КАРТЫ ВОЗРАСТА ИЛИ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ РЕЛЬЕФА

На геоморфологических картах описываемой категории основное средство изображения — цвет — используется для показа возраста картируемых элементов или основных этапов развития рельефа. На этих картах отчетливо читается история развития рельефа и дается полноценная информация по морфологии и генезису. Преимущества карт подобного типа отчетливо видны на примере геологических карт, в которых возраст геологических тел также показан цветом. Как известно, эти карты позволяют решать и теоретические, и прикладные задачи. Большинство исследователей считают картирование по «возрастному» методу наиболее актуальной задачей ближайшего будущего.

В настоящее время состояние общей геологической и геоморфологической изученности, «...а также принципиальные трудности в определении возраста рельефа пока не позволяют положить в основу унифицированных геоморфологических легенд возраст рельефа» — такова констатация состояния возможности картирования по «возрастному» способу в Решении Первого расширенного пленума Межведомственной геоморфологической комиссии [342]. То же отмечал и III пленум, подчеркивая, однако, что широко развитый «генетический» метод картирования получил существенное развитие «особенно в отношении показа на картах различных по своему геологическому и относительному возрасту генераций рельефа» [343, с. 170].

Следует ожидать, что по мере накопления информации о возрасте рельефа, разработки новых методов определения возраста рельефа и более широкого внедрения методов абсолютного возраста картирование по этому способу будет все больше расширяться.

Основы „возрастного“ метода

В основе геоморфологического картирования по «возрастному» принципу лежит учение об этапности (цикличности, ритмичности) развития рельефа и коррелятивных ему геологических образований. Иными словами, теоретической основой метода является важнейшая проблема стадий (циклов) формирования рельефа, которые отражают скачкообразное развитие природных явлений, происходящих в непрерывной борьбе противоположных тенденций. Чередование эпох количественных накоплений и их резких качественных переходов отражается в характеристике рельефа, фиксируя существенные изменения его развития во времени. Благодаря этому различия в интенсивности формирования и преобразования рельефа могут исследоваться и картироваться.

Неравномерность процесса развития земной коры и связанного с ней рельефа Земли приводит к возникновению повсеместно отмечаемой ярусности, или ступенчатости, рельефа. Это явление, известное с давних пор, расшифровывается как следствие этапного развития

рельефа. Каждый ярус соответствует определенному этапу рельефообразования; ему отвечают определенные типы и формы рельефа, располагающиеся на соответствующих высотах, абсолютные и относительные значения которых в каждом конкретном случае различны [371]. В пределах каждого яруса рельефа наблюдаются особые, подчас лишь ему присущие процессы выветривания, денудации и аккумуляции. Таким образом, каждый ярус (этаж) рельефа является не только определенным возрастным элементом, но и генетической категорией рельефа, отражающей определенные соотношения между эндогенными и экзогенными процессами. Ярусы рельефа всегда состоят из двух подъярусов, один из которых создан процессами расчленения, а другой выравнивания. Развитие их определяется воздействием прерывистых тектонических движений, которые сказываются на характере экзогенных процессов.

Рельеф непрерывно развивается. Разрушение одной взаимосвязанной категории форм ведет к созданию другой категории и т. д. Основой картирования по «возрастному» принципу является выделение таких категорий рельефа, которые возникли в определенные этапы геоморфологической истории, т. е. определение и картирование возраста рельефа, показываемого на картах цветом. Другие же его характеристики (генезис и морфология) отражаются иными, самостоятельными системами условных обозначений на цветном «возрастном» фоне.

Основные исторические вехи развития „возрастного“ метода геоморфологического картирования

Появление «возрастного» принципа картирования связано с теоретическим обоснованием циклического (этапного) развития рельефа в конце XIX в. Однако прошло еще много лет до перехода к непосредственному картированию рельефа различных циклов (этапов) и к разработке соответствующих методических руководств.

Ярусность рельефа наиболее четко выражена вдоль речных долин. Поэтому первые опыты отражения на геоморфологических картах этапов (циклов) рельефообразования относятся к долинному рельефу. Ю. А. Скворцов [378, 379, 380] на основе анализа главной долины, ее продольного профиля и строения боковых притоков пришел к выводу о необходимости картирования террасовых циклов или так называемых «террасовых долин» (рис. 45). Он отмечал, что «...аккумулятивные элементы рельефа в речных долинах могли возникнуть и развиваться только как части строго увязанной между собой аллювиально-делювиально-пролювиальной системы осадков и связанных с ними поверхностей размыва и смыва» [380, с. 271—272]. В виде террасовых циклов Ю. А. Скворцов предлагал картировать системы террас с опускающимися на них склонами, показывая их цветным фоном. Местные различия в циклах (в рыхлом покрове, его генезисе, составе и т. д.) должны показываться системой точечных условных обозначений.

Методика, предложенная Ю. А. Скворцовым, имеет и отрицательные стороны: 1) она касается только речных долин; 2) автор утверждал, что цикличность характерна только для форм, связанных с аллювиально-делювиально-пролювиальным рядом, и не наблюдается в ледниковых, эоловых и других образованиях. Позднейшие исследования показали, что аллювиально-делювиально-пролювиальный ряд теснейшим образом связан, с одной стороны, с озерно-морскими, а с другой — с ледниковыми и водно-ледниковыми образованиями,

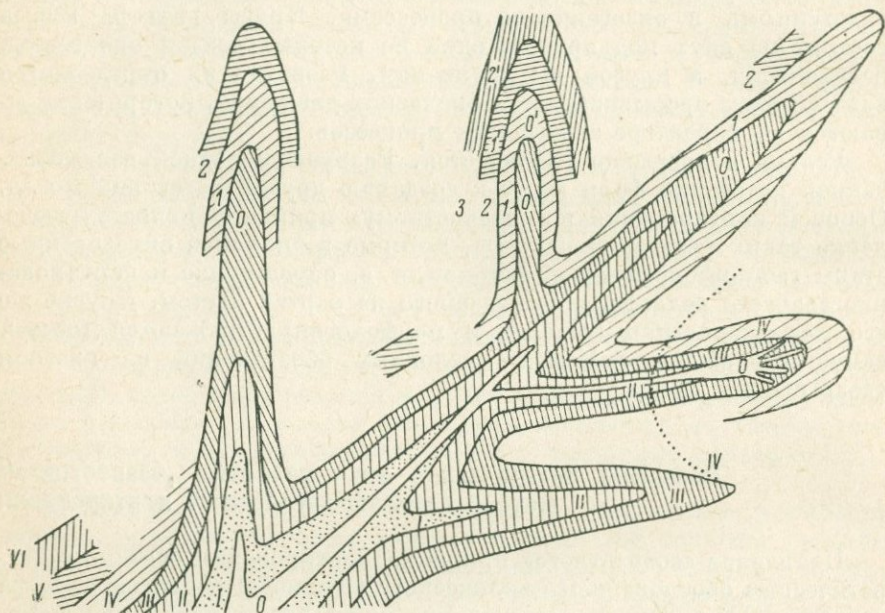


Рис. 45. Схематическая карта речной долины, имеющей несколько «террасовых долин», по Ю. А. Скворцову.

На карте видно расположение шести террасовых долин. Разными штриховками показаны поверхности аллювия, делювия и смыва. 0 — VI-террасы, начиная от нижней поймы; 0, 1, 2, 3, 0', 1', 2' — террасы от соответствующей поймы. На схеме отчетливо видно замыкание террасовых долин в верховьях. Пунктир — граница области поднятия.

и теперь с достаточной уверенностью можно говорить о наличии одно-возрастных (одноэтапных) полигенетических рядов рыхлых образований, а также аккумулятивного и денудационного рельефа.

«Возрастной» принцип был применен на Урале при картировании в масштабе 1 : 500 000 [28]. Цветами, близкими к принятым на геологических картах, выделялся на карте мезозойский эрозионно-денудационный, верхнемеловой — плиоценовый абразионный, палеогеновый эрозионно-денудационный, третичный эрозионно-денудационный и другие категории рельефа. Системой черных штриховок и крапа показывалась морфология, реже морфогенезис рельефа, линейными значками — долины разного возраста.

Большой вклад в развитие «возрастного» картирования внесли работы Д. В. Борисевича [43, 44]. Он предлагал изображать поверх-

ности и склоны штриховыми условными обозначениями, а цветом — возраст форм рельефа.

Н. А. Лебедева, предлагавшая картировать поверхности выравнивания и поверхности врезания (или расчленения), также рекомендовала показывать возраст выделяемых ступеней рельефа цветом. Основные поверхности выравнивания и врезания осложнены множеством более мелких поверхностей, отражающих специфику проявления экзогенных процессов. «Если провести аналогию геоморфологической карты с геологической, то участки различного сложения единой поверхности можно сравнить с различными фациями однообразной геологической толщи. Возраст поверхности, отражающей крупный этап развития рельефа, можно назвать основным, а поверхности, отражающие местные особенности генезиса отдельных частей основной поверхности, — фациальными поверхностями [222, с. 117]. Последние следует показывать знаками генезиса поверхностей, разработанными Д. В. Борисевичем в 1950 г., причем «знаки фациальных поверхностей в контуре основной поверхности должны изображаться тем же цветом, каким окрашена основная поверхность» [Там же, с. 118].

Полевое картирование на Северном Кавказе и в Южном Приморье по этому принципу позволило конкретизировать отдельные понятия. Н. Я. Лебедева рассматривает поверхности выравнивания и врезания «как комплексы форм, образованные расчленением единых исходных граней макрорельефа. Такие крупные грани, лишь моделированные формами низшего порядка, обязаны своим возникновением и характером совершенно определенным тектоническим режимам, имевшим место в определенное геологическое время. Каждый из таких комплексов разновозрастен и тектонически моногенен» [223, с. 158]. Отметив, что оба типа поверхностей таксономически и генетически равноценны, автор указывает, что поверхности врезания формируются в условиях больших амплитуд тектонических движений, интенсивность которых превышает результат экзогенной деструкции, а поверхности выравнивания — при малых амплитудах движений и господстве деструктивных экзогенных процессов над эндогенными.

Естественно, что каждая поверхность врезания и выравнивания, как типы тектонически моногенных комплексов, оформлены «экзогенными процессами и состоят из поверхностей или граней низших порядков чисто экзогенного происхождения. Но это не должно заслонять от исследователя тектонической сущности комплекса в целом, так как направление и интенсивность рельефообразующих экзогенных процессов контролируется в любом случае типом и амплитудой тектонических движений. Поэтому... необходимо при изучении рельефа выявлять, отбирать и наносить на геоморфологическую карту прежде всего такие комплексы форм и рубежи между ними, которые отражают крупные тектонические процессы и смены тектонических режимов. Пестрая мозаика экзогенных поверхностей не должна заслонять общего вида макроформ рельефа. Мы должны строго различать «тектогенные» (обусловленные различными

тектоническими режимами) макрорелиефа и наложенные на них, всегда более мелкие, разнообразные экзогенные грани или поверхности. Чередование мало- или крупноамплитудных морфологических комплексов в пространстве отражает чередование этих тектонически разнородных режимов во времени и создает характерную ступенчатость и ярусность профиля рельефа» [Там же, с. 159].

Сопоставление разобщенных и удаленных один от другого участков одновозрастных поверхностей выравнивания и поверхностей врезания сложно, так как облик и гипсометрия их значительно изменяются от места к месту. При этом применяются как геоморфологические, так и геологические методы. Особенно важно оценить морфологическое положение описываемых комплексов. Под последним Н. А. Лебедева [Там же, с. 166—167] понимает «положение того или иного комплекса или ступени рельефа с залегающими на ней осадками в общем геоморфологическом профиле района и соотношение этого комплекса с выше- и нижележащими комплексами. Это аналогично стратиграфическому положению определенного одновозрастного горизонта в сводном геологическом разрезе района».

Н. П. Костенко [203—205] считает, что отставание процессов денудации от плиоцен-антропогенных поднятий и неравномерный характер воздымания горных стран приводят к образованию ярусов рельефа. Последние она рассматривает как генетические категории рельефа, отражающие определенные соотношения между интенсивностью тектонических движений и процессами денудации. В горном рельефе с особой четкостью видна ведущая роль эндогенного фактора, который определяет как крупные элементы рельефа, так и его детали, хотя и воздействует на рельеф обычно через экзогенные процессы. «Единственным критерием в геологии, позволяющим сравнивать различные области Земли, является возраст осадков. В геоморфологии сопоставление элементов рельефа также возможно лишь при определении их возраста, хотя бы относительного. Поэтому в целях сравнения орографических элементов различного облика, отличающихся по происхождению, их полезно сопоставлять по возрасту и... составлять специальные возрастные геоморфологические карты» [205, с. 20].

На тектонические движения наиболее чутко реагируют речные долины. Вдоль долин возникают разновозрастные системы ступеней, отражающие различные типы эрозии в зависимости от неотектонических проявлений. Поэтому при геоморфологическом картировании в первую очередь нужно тщательно проанализировать речные долины. «Горный рельеф является преимущественно денудационным. Следовательно, объектами полевого геоморфологического картирования для геолога должны служить региональные врезы рек. Если для аккумулятивных и эрозионно-аккумулятивных форм эта задача в большинстве случаев легко осуществима, то корреляция эрозионных врезов, а также террас сопряжена с большими трудностями вследствие их плохой сохранности. Последнее обстоятельство заставляет многих геологов полностью отказаться от попытки анализа эрозионно-денудационных форм... Задача картирования плейстоце-

новых эрозионных террас и неогеновых эрозионно-денудационных террасовидных поверхностей представляет значительные трудности, но все-таки разрешима» [Там же, с. 22].

Одним из основных условий картирования является правильный отбор наиболее хорошо сохранившихся следов главнейших региональных врезов долин. Они являются наиболее удобными формами для сопоставления разновозрастных высоко поднятых эрозионно-денудационных террас горных сооружений с эрозионно-аккумулятивными в предгорьях и на равнинах и аккумулятивными, а иногда и погребенными террасами межгорных впадин. С региональными террасами или группами террас и террасовидных поверхностей могут быть увязаны и другие орографические элементы рельефа.

Ю. П. Селиверстов [370—373] подчеркивает теснейшую связь основных черт рельефа с неотектоническими структурами. Разнообразный характер проявления неотектонических процессов отражается в определенной смене экзогенных процессов, создавших те или иные черты рельефа. Прерывистость этих в целом направленных процессов приводит к ярусности рельефа, которая, таким образом, является следствием его многоэтапного формирования.

В пределах тектонически обусловленного яруса рельефа отмечаются его денудационные и аккумулятивные модификации, всегда сосуществующие, но имеющие противоположные, взаимно исключающие друг друга тенденции развития. Становление денудационного рельефа всегда ведет к возникновению коррелятивного ему аккумулятивного рельефа, причем особенности проявления эндогенных процессов в различные отрезки времени сказываются одновременно и там и тут, хотя и имеют подчас различные выражения. Морфологические особенности рельефа отдельных ярусов (этапов рельефообразования) сохраняют свои черты на значительных расстояниях и поэтому могут считаться опорными при различных корреляциях.

Главнейшей задачей является установление «когда и как возникли те или иные элементы рельефа, которые в совокупности дают современный его облик. Решить поставленную задачу можно только применяя исторический подход к изучению рельефа, используя исторический принцип при геоморфологическом картировании» [373, с. 416]. Исходя из этого «геоморфологическая карта должна прежде всего показывать возраст рельефа (время создания его основных черт), изображать главнейшую этапность его формирования, иными словами отражать историю рельефа» [Там же, с. 417].

Рассматривая вопросы геоморфологического картирования в масштабе 1 : 500 000—1 : 1 500 000, Ю. П. Селиверстов [373] предлагает морфологические особенности рельефа передавать горизонталям топографической основы с использованием дополнительных горизонталей и высотных отметок. Этапы формирования рельефа, т. е. его возраст, показываются фоновой закраской, оттенки которой используются только для конкретизации возраста. Рекомендуются те же цвета, что и на геологических картах, за исключением четвертичного возраста, который целесообразнее показывать гаммой коричневых оттенков. В основе генетической характеристики лежит

разделение рельефа на денудационный и аккумулятивный (более дробные генетические подразделения первого передаются системами черных штриховок, а последнего — различными вариантами черного крапа). Отдельные формы рельефа изображаются значками.

К настоящему времени все больше геоморфологов склоняется к возможности проведения геоморфологического картирования по «возрастному» принципу. Существуют его различные варианты. Чаще всего наблюдается тенденция совместного показа возраста и морфогенезиса или генезиса цветом и его оттенками [200, 331, 368]. Намечается тенденция найти компромиссное решение вопроса, сблизить «возрастной» и «генетический» принципы картирования. В этом отношении показательна работа Д. В. Борисевича [44]. Будучи одним из основоположников «возрастного» метода, он в последнее время примкнул к сторонникам «генетического» направления, но продолжал изыскания «единого метода геоморфологического картирования» в средних масштабах. Д. В. Борисевич предлагает генезис и возраст поверхностей рельефа экзогенного происхождения передавать цветными штриховками, причем их цвет характеризует генезис, а вид штриховок — возраст поверхности. Штриховки подобраны так, что крупные возрастные подразделения отличаются друг от друга толщиной линий и поэтому при взгляде на карту первыми бросаются в глаза. «Применение закраски вместо штриховки лишает карту важного качества — возможности непосредственного распознавания при взгляде на нее поверхностей разного генезиса, но одного возраста. Кроме того, в легенде уже предусмотрена сплошная закрашка, но только для одной возрастной категории форм, а именно для форм современных (не для голоценовых, а развивающихся в настоящее время)» [44, с. 11—12].

По оценке Г. С. Ганешина [87, с. 12], «возрастные» карты лучше, чем любые другие (морфологические, генетические и морфографические), отражают историю развития рельефа, изучение которой является важнейшей задачей геоморфологических исследований. По мере накопления данных, позволяющих определить возраст различных элементов рельефа, «возрастные» геоморфологические карты, по-видимому, приобретут господствующее положение среди других типов карт.

Методика составления карт возраста или основных этапов развития рельефа

Картируемыми единицами на описываемых картах могут быть поверхности (границы) рельефа, морфогенетические типы или другие категории рельефа, возрастная характеристика (этапы формирования) которых передается цветом. Ниже кратко освещается методика составления карт, в основе которых лежит изображение поверхностей (граней) рельефа по «возрастному» способу. Это направление геоморфологического картирования получило название историко-генетического [200].

Важнейшей задачей является выделение полигенетических поверхностей выравнивания и полигенетических поверхностей вреза-

ния, отвечающих основным этапам развития рельефа. Для этого необходим анализ рельефа на местности (желательно с аэровизуальными наблюдениями), по аэроснимкам и топокартам в сравнении их с геологическими, тектоническими и неотектоническими картами. При этом выявляются системы разновозрастных террас и связанных с ними аккумулятивных равнин, участков скульптурных денудационных поверхностей выравнивания и педиментов, образующих в целом систему полигенетических поверхностей выравнивания. Последние обычно расположены на разных уровнях и разделены системами полигенетических поверхностей врезания (склонов различного генезиса). Очень важно изучить их возраст. Наибольшее количество данных получают по аккумулятивным поверхностям выравнивания. Возраст должен быть установлен в единицах единой геохронологической шкалы (миоцен, плиоцен, среднечетвертичный, днепровский зырянский и т. п.) или в единицах абсолютного летоисчисления, если это, конечно, возможно. В крайнем случае устанавливают относительный возраст.

Выделенные комплексы полигенетических поверхностей выравнивания и врезания закрашивают «возрастными» цветами, аналогичными тем, которые применяются на геологических картах, за исключением поверхностей четвертичного возраста, для которых рациональнее применить гамму коричневых цветов. Подобный метод картирования позволяет отразить на карте этапность (цикличность) рельефообразования.

Иногда полигенетические поверхности выравнивания или врезания не поддаются выделению в региональном масштабе из-за их плохой сохранности или слабой изученности. В этих случаях необходимо перейти на метод определения и показа на карте возраста отдельных поверхностей или граней рельефа указанными выше «возрастными» цветами.

Дублирующая информация о возрасте рельефа дается геологическими индексами. Если возраст установлен предположительно, то индекс дается со знаком вопроса. Индекс может включать даты начала и конца формирования данной системы полигенетических поверхностей [453].

Морфологические особенности рельефа передаются на «возрастных» картах системой горизонталей топоосновы, которые не должны разрезаться. Мелкие формы рельефа, не выражающиеся в масштабе карты, передаются внесмаштабными условными знаками.

Каждая система или комплекс полигенетических поверхностей врезания и выравнивания состоит из большого количества входящих в них отдельных поверхностей или граней рельефа, имеющих разный генезис. Происхождение этих отдельных поверхностей показывается системами черных штриховок (для денудационных форм) и крапа (для аккумулятивных форм).

Генезис аккумулятивных форм можно показывать следующим образом: речных — крупными точками, морских — мелкими кружками, гравитационных — мелкими треугольниками, мерзлотных —

мелкими квадратами, эоловых — мелкими точками. Сложный генезис передается сочетанием соответствующих крапов.

Генезис денудационных форм обозначается различными штриховками. Так, например, поверхности речного происхождения можно показывать горизонтальной штриховкой, комплексной денудации — вертикальной, морского генезиса — косой и т. д. Можно варьировать густоту линий, их толщину и т. д.

ВОПРОСЫ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ

Общие вопросы

Генерализация «... отбор главного, существенного и его целенаправленное обобщение, имеющее в виду изображение на карте действительности в ее основных, типических чертах и характерных особенностях соответственно назначению, тематике и масштабу карты». Она «усиливает познавательную ценность карты, ... способствует выявлению характерных особенностей и общих черт, присущих картографируемым явлениям, и, таким образом, помогает установлению закономерностей среди этих явлений» [363, с. 12—13].

Процесс генерализации выражается в обобщении очертаний объектов картографирования, их количественной и качественной характеристики, отборе объектов картографирования, переходе от простых объектов к более сложным.

При обобщении очертаний картируемых объектов они упрощаются, но при этом сохраняются характерные особенности контуров. Так, например, при обобщении контуров участка с большим количеством друмлин, вытянутых в северо-восточном направлении, необходимо изобразить его в мелком масштабе в виде контура, изгибы которого передают то же направление.

Генерализация количественной характеристики состоит в укрупнении (увеличении) интервалов, выделяемых в пределах картографируемого объекта. Так, например, при переходе от крупномасштабных к мелкомасштабным картам сечение горизонталей увеличивается, а общее их количество уменьшается.

При обобщении качественной характеристики производится сокращение качественных различий в картируемой категории объектов: а) заменой дробных классификаций классификациями с обобщенными понятиями и б) исключением низших ступеней классификации. Так, например, если в крупном масштабе картируются типы рельефа, то в более мелких — группы типов и т. д.

При отборе картируемых объектов в процессе генерализации необходимо руководствоваться назначением карты, ее масштабом и геоморфологическими особенностями территории. На карте следует сохранять лишь те объекты, которые удовлетворяют этим требованиям.

При переходе от простых объектов к более сложным знаки отдельных объектов заменяются обобщающими знаками (например, вместо знаков отдельных карстовых воронок ставится знак района их распространения).

Выделение отдельных сторон генерализации имеет лишь методический смысл. В действительности все они тесно связаны и неотделимы друг от друга, отражая взаимосвязь природных явлений [363].

Здесь изложены лишь основы генерализации. В общих геоморфологических картах, составленных по различным принципам, они конкретизируются по-разному, что освещено ниже.

Генерализация поверхностей (граней) рельефа

При уменьшении масштабов карт возникает необходимость генерализации поверхностей. Генерализации подвергаются генезис, морфология и возраст.

Генерализация генезиса в самом общем виде заключается в переходе от низших таксонов (подтипы, типы поверхностей в крупных масштабах) к более высоким (подгруппы, группы поверхностей в мелких масштабах.) Нельзя механически уменьшать контуры поверхностей при уменьшении масштабов, так как получится очень сложная мелкая мозаика, в которой трудно разобраться, а мелкие контуры вообще исчезнут. Нужно отбирать основные, «ведущие» поверхности, отбрасывая и исключая второстепенные. Так, например, если на крупномасштабной карте изображен эрозионно-денудационный склон, осложненный оползнями, осыпями, обвалами и расчлененный молодой линейной эрозией, то при переходе к более мелкому масштабу второстепенные, наложенные, поверхности отбрасываются; сохраняются лишь некоторые из них (иногда их приходится показывать даже с преувеличением) для отражения динамики развития склона. Отдельные обрывки эрозионно-денудационных склонов объединяются в виде склонов горных отрогов или склонов хребтов. Площади, занимающие в крупном масштабе минимальные размеры контуров в поперечнике (для вытянутых до 2 см и округлых до 4 мм), при генерализации исключаются. Однако если они важны для показа особенностей рельефа, их дают с преувеличением. Иногда в таких случаях переходят от площадного изображения поверхностей к их показу единичными внесмасштабными знаками (например, склона карстовой воронки — знаком карстовой воронки, плоскости эрозионного уступа — знаком эрозионного уступа и т. д.), группами знаков или районами распространения (в мелких масштабах) тех или иных форм.

С уменьшением масштаба карт генерализуются структурные и тектонические элементы. В крупных масштабах показываются мелкие структурные детали (структурные уступы и т. д.), в среднем и мелком находят отражение крупные структурные элементы (отпрепарированные древние антиклинали, синклинали, хребты куэстового характера и т. д.). Если в крупных масштабах картируются отражающиеся в рельефе мелкие разрывные нарушения, детали поверхностей молодых складок и т. д., то в средних и мелких переходят к отражению на картах поверхностей, образованных крупными неотектоническими разрывами, молодыми складками или их системами, антиклинориями и синклинориями и т. д. С уменьшением

масштабов карт возрастает роль все более и более крупных тектонических и структурных элементов.

При генерализации поверхностей по генезису одновременно генерализуются и их морфологические (морфографические и морфометрические) особенности. Если в крупном масштабе можно отразить микрорельеф поверхностей, то в более мелких масштабах дается представление о более крупных особенностях рельефа (холмистость, увалистость и т. д.). Генерализация морфологии производится и путем обобщения нагрузки географической основы карт при переходе от крупных к мелким масштабам.

С уменьшением масштабов карт генерализуется и возраст поверхностей, что выражается в переходе от дробных подразделений к более крупным (например, от веков к эпохам или периодам).

Таким образом, генерализация при переходе от крупных к средним и мелким масштабам представляет сложный процесс, затрагивающий все количественные и качественные характеристики поверхностей (граней) рельефа.

Генерализация морфогенетических категорий

Процесс генерализации при уменьшении масштаба карт заключается в переходе от картирования единиц низкого таксономического ранга к показу все более и более высоких таксонов (например, от подтипов к типам рельефа, от типов к группам типов или к комплексам типов рельефа и т. д.). При этом обобщению подвергаются и морфология, и генезис, так как они совместно входят в понятие любого морфогенетического таксона (категории рельефа). Так, например, понятие типа среднегорного интенсивного расчлененного денудационно-тектонического рельефа области мезозойской складчатости со следами карово-трогового позднеплейстоценового оледенения более детально по морфологии и генезису, чем понятие группы типов среднегорного денудационно-тектонического рельефа.

Генерализации подвергаются и морфологические особенности, изображаемые на географической основе (за счет обобщения контуров горизонталей, укрупнения их сечения, перевода некоторых форм из картируемых по площади в изображаемые внемасштабными знаками и т. д.), и возраст рельефа (переходом от детальной геохронологической шкалы к более крупным геохронологическим единицам).

Генерализация возраста или основных этапов развития рельефа

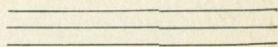
Процессу генерализации на описываемых картах, так же как и на картах других типов, подвергаются все основные характеристики рельефа.

В зависимости от характера картируемых единиц генерализация определяется специфическими особенностями. Если основное содержание карт составляют поверхности (границы) рельефа, то процесс обобщения их генезиса, возраста (или этапов развития) и морфоло-

гии при переходе от крупных к мелким масштабам аналогичен описанному выше (см. стр. 277—278). Если же на «возрастных картах» изображаются морфогенетические категории рельефа, то принципы их генерализации при уменьшении масштабов те же, что и для «морфогенетических» карт.

Основой генерализации возраста картируемых единиц рельефа является переход от дробных геохронологических подразделений к более обобщенным или от детальных подэтапов и этапов к укрупненным этапам истории развития рельефа, генезиса — от дробных генетических единиц генетической классификации к более обобщенным понятиям, морфологии — от элементарных поверхностей (граней) рельефа ко все более и более сложным поверхностям или от дробных и простых к обобщенным и сложным морфогенетическим категориям.

Так же как и для других типов карт («морфогенетических», «генетических»), на «возрастных» картах генерализуется и географическая основа (горизонтали, речная сеть и т. д.).



ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Геоморфологические исследования приобретают первостепенную роль при поисках полезных ископаемых, при оценке рельефа с точки зрения нужд сельского хозяйства, для прокладки трасс железных и шоссейных дорог, борьбы с лавинной опасностью и селевыми выносами, карстовыми, оползневыми процессами, для проектирования оросительной сети, изысканий под строительство гидростанций, геоморфологических прогнозов переработки берегов будущих водохранилищ, при оценке режима берегового потока наносов в связи со строением портов, при сейсмическом районировании, при геологической съемке и т. д.

Специфика методов геоморфологических исследований в каждом конкретном случае определяется областью их практического применения, стадией работ и масштабом. Даже при исследовании одних и тех же объектов, но в разных целях, методы и оценка их будут различны. Так, например, при исследовании речных долин с целью поисков россыпей существенно выявить такие участки, где в связи с особенностями геологического строения, неотектоники и гидродинамического режима в аллювии должны концентрироваться максимальные количества тяжелых минералов. При этом наиболее значительные концентрации далеко не всегда приурочены к участкам, обладающим наибольшими запасами аллювия. При оценке тех же речных долин с точки зрения поисков строительного сырья (галечников, песков и глин) наибольший интерес представляют именно отрезки долин, благоприятные для накопления значительных масс аллювия.

Стадия изучения и масштаб исследований тесно связаны. Это хорошо видно на примере организации геолого-геоморфологических исследований, связанных с поисками отечественных месторождений алмазов. На первой стадии производился выбор районов для исследований на алмазы на основании анализа литературных данных об их геологическом, геоморфологическом строении и истории геологического развития. На второй стадии в районе, признанном благоприятным по литературным данным, проводились маршрутные рекогносцировочные геолого-геоморфологические исследования, соответствующие по детальности съемке масштаба 1 : 500 000. На третьей стадии в районах, выбранных в результате рекогносцировочных исследований в качестве перспективных на поиски алмазов, осуществлялась пло-

щадная съемка на отдельных участках в масштабах 1 : 200 000 и 1 : 50 000. В результате исследований намечались конкретные участки для поисковых работ, где проводилось картирование в масштабах от 1 : 10 000 до 1 : 2000.

Потребность в разработке методов прикладных геоморфологических исследований за последние годы настолько возросла, что в Московском государственном университете в учебный план географического факультета введен специальный курс лекций по прикладной геоморфологии, а также издан ряд работ, посвященных изучению рельефа в практических целях [151, 329, 434]. Большое количество докладов на Втором геоморфологическом совещании было посвящено использованию геоморфологии для решения практических задач [260, 310, 351]. Издан ряд руководств по геологии россыпей [35, 334]. Дальнейшее развитие получили идеи Ю. А. Билибина [35] о значении геоморфологических исследований при поисках россыпей, что отразилось в материалах совещания по закономерностям размещения россыпей [3, 147, 294].

Тема «Использование рельефа для практических целей» начинает завоевывать место в монографиях по отдельным территориям [155]. В ряде руководств и монографий по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых включены разделы, посвященные характеристике геоморфологических критериев и признаков оруденения [210, 257].

Настоящее методическое руководство предназначено главным образом для организаций системы Министерства геологии СССР, поэтому ниже освещаются только особенности методики геоморфологических исследований при поисках полезных ископаемых.

ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ

Прежде чем приступать к геоморфологическим исследованиям в связи с поисками полезных ископаемых или оценкой перспектив их нахождения в изучаемом районе, необходимо оценить последний с точки зрения общих предпосылок или поисковых критериев.

Под поисковыми критериями понимаются «геологические факторы, определяющие условия нахождения месторождений в земной коре» [210]. Учет этих факторов позволяет судить о возможности образования месторождений тех или иных полезных ископаемых в данной геологической обстановке. Разнообразные факторы, определяющие закономерности размещения рудных месторождений, могут быть подразделены на 6 групп: магматогенные, структурные, стратиграфические, литологические, литолого-фациальные, геохимические и геоморфологические.

Основные магматогенные критерии поисков рудных месторождений: 1) связь эндогенных месторождений того или иного полезного ископаемого с породами определенного состава, 2) закономерное размещение месторождений по отношению к интрузивам. Наиболее отчетливая связь месторождений полезных ископаемых намечается с породами основного, ультраосновного и щелочного состава. Так,

например, с породами дунито-перидотитового состава связаны месторождения хромита и платины, с кимберлитами — алмазов, с габбро и основными породами траптовой формации — титаномагнетита, сульфидно-никелевых руд. С щелочными изверженными породами генетически сопряжены месторождения редких земель, тантала, ниобия, циркона, а также алюминиевого сырья (нефелиновые сиениты и бокситовые месторождения коры выветривания). С изверженными породами кислого и среднего состава связаны различные генетические типы эндогенных месторождений: пегматитовые, скарновые, пневматолитовые, гидротермальные, к которым приурочены месторождения разнообразных полезных ископаемых (вольфрама, молибдена, кварца, цинка, золота, урана, бериллия и др.).

Размещение эндогенных рудных месторождений по отношению к интрузивам подчинено следующим закономерностям: 1) зональное размещение вокруг крупных интрузий (батолитов), 2) пространственная связь месторождений с малыми интрузиями (штоками и дайками), 3) зависимость интенсивности и характера рудопроявлений от глубины эрозионного среза.

В выявлении магматогенных критериев рудопроявлений основную роль играет геологическая съемка. Геоморфологические методы исследований имеют косвенное значение, связанное с тем, что к интрузивным породам разного состава бывают приурочены различные формы рельефа. Так, гранитным интрузивам свойственны куполовидные возвышенности; дайки устойчивых изверженных пород среди поля осадочных выделяются в рельефе в виде узких гряд и т. п. Роль геоморфологических методов при выявлении магматогенных критериев увеличивается в местностях, покрытых лесом.

Структурные критерии играют большую роль при поисках месторождений полезных ископаемых, как эндогенных, так и экзогенных. Среди структур, контролирующих размещение месторождений полезных ископаемых, выделяются складчатые и разрывные. Наиболее благоприятны для оруденения и локализации некоторых экзогенных месторождений складчатые антиклинальные и куполовидные структуры, в которых развиваются зоны дробления и трещиноватости, являющиеся рудопроводящими каналами. С крупными зонами глубинных разломов, дробления и смятия связан ряд рудных поясов, полей и отдельных месторождений. Один из наиболее ярких примеров такой связи — приуроченность коренных месторождений алмаза (кимберлитовых трубок взрыва) к зонам глубинных разломов фундамента, наблюдающаяся во всех алмазоносных платформах мира. При выявлении структурных критериев наряду с геологической съемкой и геофизическими исследованиями первостепенное значение приобретает структурно-геоморфологический анализ, заключающийся в установлении закономерностей связи между рельефом и тектоническими движениями и использовании этих закономерностей для выявления структурного плана территории.

Стратиграфические критерии имеют первостепенное значение при поисках экзогенных месторождений угля, нефти, бокситов, фосфоритов, россышных месторождений, связанных с определенными

этапами геологического развития. Меньшую роль они играют при поисках эндогенных месторождений.

Представляют интерес стратиграфически выдержанные горизонты пород, благоприятные для локализации оруденения по своим физико-химическим свойствам (например, определенные части разреза вулканогенных зеленокаменных толщ восточного склона Урала, вмещающие медноколчеданное оруденение) либо служащие экраном, контролирующим оруденение (инфильтрационные урано-ванадиевые месторождения штата Юта в Колорадо, приуроченные к линзам песчаников среди глинистых пород, являющихся экраном).

Геоморфологические методы наряду с геологическими и палеонтологическими играют существенную роль в выявлении стратиграфических критериев. Например, возраст террасовых россыпей, обычно бедных палеонтологическими остатками, часто определяется именно на основании их геоморфологической позиции. Рудоносные горизонты в осадочных породах, обладающие специфическим литологическим составом, часто резко выделяются на склонах в виде карнизов, выступов и т. д. Например, алмазоносные верхнеюрские мелкогалечные конгломераты и гравелиты с фосфатным цементом, развитые в северо-восточной части Сибирской платформы, образуют в рельефе небольшой уступ, прослеживающийся на сотни километров [4, 335]. Иные условия увлажнения вызывают изменение состава растительности в пределах этого уступа, благодаря чему конгломераты легко дешифрируются на аэрофотоснимках.

Литологические критерии эндогенного рудообразования определяются физическими свойствами (хрупкостью, плотностью, пористостью) и химическим составом пород, обуславливающим их химическую активность (карбонатные породы) или инертность (силикатные породы). При определении перспектив района учитывается, что литологический состав пород находит непосредственное отражение в рельефе в силу их различия по отношению к процессам выветривания и денудации, обуславливая значительную роль геоморфологических методов исследования, особенно в закрытых районах.

Литолого-фациальные критерии осадочного рудообразования в комплексе со стратиграфическими играют решающую роль при поисках экзогенных месторождений морского происхождения, образующихся главным образом по периферии морских бассейнов. Они формируются в основном в фациальной обстановке, характеризующейся наибольшей изоляцией участка рудообразования от привноса пустого обломочного материала с континента, повышенной жизнедеятельностью организмов, приводящих к интенсивному рудообразованию, химическим осаждением железа, марганца, урана, ванадия, фосфора и других элементов. Здесь же в литоральной зоне в ряде случаев происходит обогащение прибрежно-морских отложений россыпными полезными ископаемыми, например алмазами, золотом, ильменитом, цирконом, монацитом и др. Методы фациально-геоморфологического анализа в этом случае приобретают большое значение.

Геохимические критерии: 1) ареалы повышенных содержаний рудообразующих и сопутствующих им элементов в изверженных, осадочных и метаморфических породах; 2) парагенетические ассоциации рудных элементов, минералов и месторождений; 3) геохимические процессы, происходящие в зоне гипергенеза.

При выявлении геохимических критериев изучение рельефа играет важную роль, так как от морфометрии и степени расчлененности его зависит глубина залегания грунтовых вод, а также закономерности миграции элементов в пределах геохимических ландшафтов.

При поисках полезных ископаемых по вторичным парагенетическим ассоциациям минералов также используются геоморфологические методы исследований. Одним из наиболее наглядных примеров являются поиски коренных месторождений алмазов по минералам-индикаторам (спутникам алмаза): пиропу [366] и пикроильмениту, а в некоторых случаях и хромдиопсиду.

Геохимические процессы, происходящие в зоне гипергенеза, могут быть в какой-то мере установлены геоморфологическими методами. Прежде всего, мощные коры химического выветривания тесно связаны с поверхностями выравнивания, являющимися объектом геоморфологического изучения. Кроме того, в ряде случаев процессы выноса и выщелачивания минералов приводят к просадкам. Такие просадки образуются, например, над железными шляпами рудных месторождений.

Геоморфологические критерии. Значение геоморфологических методов при поисках полезных ископаемых определяется тем, что процессы создания*, сохранения и уничтожения месторождений связаны с взаимодействием тех же эндогенных и экзогенных факторов, которые обуславливают развитие рельефа. Последний при поисках полезных ископаемых изучается, во-первых, для определения геолого-геоморфологических условий, благоприятных для образования полезных ископаемых, во-вторых, для оценки собственно геоморфологических предпосылок накопления полезных ископаемых и проявления их на поверхности Земли [151].

Т. В. Звонкова выделяет четыре основных геоморфологических критерия поисков месторождений полезных ископаемых: 1) морфологический, устанавливающий связь типов и форм рельефа с определенными группами месторождений полезных ископаемых; 2) морфогенетический, позволяющий определить по происхождению рельефа генетический тип полезного ископаемого (месторождения полезных ископаемых, сингенетичных и синхронных с формами рельефа: строительных материалов, связанных с озами, камами, друмлинами, речными террасами и другими формами рельефа, россыпей, приуроченных к косам, речным, морским и озерным террасам и т. д.); 3) палеогеоморфологический, с помощью которого в современном рельефе устанавливают реликты рельефа более древних геологических эпох, благоприятных для накопления полезных ископаемых (поверхности выравнивания с развитыми на них корами выветривания, фрагменты

* Только экзогенных месторождений.

древних долин и т. д.); 4) геохронологический, при котором возраст рельефа служит для установления возраста месторождения того или иного полезного ископаемого.

По геологическим условиям формирования, по характеру поисковых геоморфологических критериев, а также методов исследований выделяются следующие основные группы месторождений: 1) экзогенные (осадочные, выветривания), 2) эндогенные.

Непосредственное выражение в рельефе находят обычно экзогенные месторождения. При этом степень выраженности в современном рельефе тем слабее, чем с более древними породами они связаны и чем меньше глубина современного эрозионного среза. Эндогенные месторождения, как правило, находят лишь косвенное отражение в рельефе.

По степени отражения в рельефе может быть использована следующая классификация месторождений полезных ископаемых [145]: 1) генетически связанные с формированием современного рельефа и четвертичных отложений; 2) связанные с развитием древнего рельефа и коррелятивных отложений, существенно отраженных в строении современного рельефа; 3) генетически связанные с развитием древнего погребенного рельефа и коррелятивных отложений, не отраженных или отраженных вторично в строении современного рельефа; 4) генетически непосредственно не связанные с развитием рельефа и коррелятивных отложений. Месторождения трех первых групп являются экзогенными, четвертой — эндогенными. В зависимости от того, к какой группе относятся те или иные месторождения, определяется и степень важности геоморфологических наблюдений в общем комплексе исследований.

К месторождениям первой группы относятся четвертичные россыпи драгоценных металлов, алмаза, касситерита, вольфрамита, шеелита, титановых минералов (рутила, ильменита, лейкоксена, анатаза), циркона, минералов урана; месторождения торфа, графия, песка, глины и др. Первостепенное значение геоморфологических методов исследований при их поисках определяется тем, что процессы, формирующие месторождения этой группы, являются одновременно и рельефообразующими.

В число месторождений второй группы входят некоторые мезозойско-кайнозойские россыпи, месторождения бокситов и огнеупорных глин, пластовые месторождения фосфоритов и др. Здесь геоморфологические и палеогеоморфологические исследования применяются наравне с геологическими и геофизическими.

Месторождения третьей группы включают древние ископаемые россыпи, фосфоритовые, железо-марганцевые, осадочные меднорудные месторождения, месторождения бокситов, каменного угля, нефти и газа и др. В изучении этих месторождений основную роль играет палеогеоморфологический анализ территории.

К четвертой группе месторождений относятся эндогенные месторождения. Они либо совсем не выражены в рельефе, либо находят косвенное отражение. При этом последнее может быть связано как с различным литологическим составом пород, вмещающих

месторождения и обуславливающих вследствие избирательной денудации создание на месте месторождений положительных или отрицательных форм рельефа, так и с отражением в рельефе тектонических разломов, зон смятия, расланцевания и контактово-метаморфических изменений. В этом случае особенно большую роль приобретает дешифрирование аэрофотоснимков, позволяющее в предельно сжатый срок еще при подготовке к полевым работам наметить на местности участки, перспективные с точки зрения поисков рудных месторождений.

Если рудные месторождения даже косвенно не отражены в рельефе, то все же изучение его играет существенную роль при поисках. Речь идет о геохимических методах поисков рудных месторождений. В этом случае отдельные элементы рельефа не служат поисковыми признаками или критериями, но высота, степень расчлененности, экспозиция, наличие или отсутствие многолетней мерзлоты и другие особенности рельефа определяют глубину залегания грунтовых вод. Последняя же в совокупности с растительностью и климатом указывает на принадлежность территории к определенному типу геохимических ландшафтов, контролируя тем самым направление геохимических поисков полезных ископаемых.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ ЭКЗОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Как уже упоминалось, геоморфологические исследования играют первостепенную роль при поисках экзогенных месторождений полезных ископаемых: россыпей драгоценных металлов и минералов, месторождений бурого и каменного угля, нефти и газа, бокситов, каолинов, фосфоритов, торфа, стройматериалов и др. Наиболее хорошо разработанной является методика геоморфологических исследований при поисках россыпных месторождений, апробированная в течение многих лет на практике.

Россыпи

Россыпями называют «рыхлые или сцементированные скопления обломочного материала, содержащие в виде обломков то или иное полезное ископаемое» [35]. Следует различать россыпные месторождения — скопления обломочного материала, содержащего полезное ископаемое в количествах, отвечающих минимальным требованиям промышленности, и россыпные проявления — те же отложения, которые содержат полезные металлы или минералы в меньших по сравнению с кондициями количествах.

Россыпные месторождения полезных ископаемых (золота, платины, алмазов, касситерита, шеелита, вольфрамиты, циркона, монацита, пезокварца, рутила, урановых минералов и др.) теснейшим образом связаны с формированием рельефа и коррелятивных ему

отложений, являясь по самому своему существу геоморфологическим типом месторождений [310]. Россыпи формируются в процессе разрушения коренного источника полезного ископаемого и последующей миграции продуктов физического выветривания. По мере удаления от коренного источника происходит смена россыпей различных генетических типов — от элювиальных через делювиальные и аллювиальные к морским, образующимся на побережье морей и океанов (табл. 10).

Таблица 10

Последовательность образования отдельных генетических типов россыпей, связанных с одним эрозионным циклом, по В. С. Трофимову [414]

Локализация россыпей	Генетические типы	Морфологические подтипы
На более или менее выровненных поверхностях (плато, водоразделы и т. д.)	Элювиальный	На поверхности коренных источников, опущенные в карстовые полости
На склонах возвышенностей	Делювиально-гравитационный	Собственно делювиальные (на сравнительно пологих склонах), коллювиальные (на крутых склонах), солифлюкционные
В пределах речных долин и логов	Пролувиальный	Отложений временных потоков («сухих» рек, селей и т. д.), шлейфов подножий, конусов выноса мелких речек и логов
	Аллювиальный	Ложковые, русловые, косовые, пойменные, (долинные), террасовые (поднятые и опущенные), широких аллювиальных равнин, надводных дельт
В прибрежных частях морей и крупных озер	Прибрежно-морской	Пляжевые, террасовые, баров и отмелей
	Морской и озерный	Донные, подводных дельт
Не связанные с определенными стадиями миграции кластических продуктов	Ледниковый	Моренные, флювиогляциальные (у внешнего края ледника)
	Эоловый	Дюнные, котловин выдувания

Формирование россыпей в различных климатических зонах протекает по-разному. От климатических условий в значительной мере зависит распространенность и богатство россыпей различного генезиса. Так, например, в условиях гумидного тропического и субтро-

пического климатов формируются богатые элювиальные россыпи, связанные с корами выветривания. В районах, характеризующихся субарктическим климатом, где в результате преобладания процессов физического выветривания степень высвобождения зерен полезного ископаемого очень незначительна, элювиальные россыпи практического интереса не представляют, но большое значение приобретают аллювиальные россыпи [462]. В аридных пустынных условиях, где водотоки имеют временный периодический характер, большую роль играют россыпи так называемых сухих рек и эоловые [484].

Полный цикл формирования россыпей от элювиальных до морских протекает на протяжении одного эрозионного цикла *. Однако богатые россыпи часто могут быть созданы на протяжении нескольких эрозионных циклов в результате неоднократного и последовательного обогащения россыпей предыдущего цикла; напротив, богатая россыпь может быть разубожена в течение последующих эрозионных циклов.

В соответствии с тем, что россыпеобразующие процессы одновременно являются рельефообразующими, в основу известных классификаций россыпных проявлений положены рельефообразующие процессы, формирующие одновременно и отложения, вмещающие россыпи.

Для иллюстрации приведем несколько классификаций россыпных месторождений.

Таблица 11

Классификация золотоносных россыпей Урала, по И. С. Рожкову [348]

Возрастная группа россыпей	Морфологические типы	Генетические типы
Палеозойская	Пластовые, линзовидные	Морские, аллювиальные
Мезозойская	Долинные, линзовидные в эрозионных впадинах, карстовые	Элювиальные, делювиальные, аллювиальные, пролювиальные
Третичная	Пластовые, долинные, линзовидные, гнездовые в эрозионных впадинах	Морские, элювиальные, делювиальные, аллювиальные, пролювиальные
Четвертичная древнечетвертичная среднечетвертичная и современная	Пластообразные неправильные участки, подерниковые (верховинные), косовые, русловые, долинные, террасовые, сложные, древнедолинные (омертвевшие участки речных долин), ложковые	Флювиогляциальные, элювиальные, делювиальные, аллювиальные, пролювиальные, озерные

* Эрозионный цикл здесь понимается, по Ю. А. Билибину [35], не как цикл развития всего рельефа горной страны (от пенеплена через горную страну опять к пенеплену), а как цикл развития речной долины (от зрелой долины через молодую вновь к зрелой).

Ю. А. Билибин [35] на основании положения россыпей по отношению к коренному месторождению (россыпи не перемещенные и перемещенные), а для перемещенных россыпей — по тем процессам, которые обусловили перемещение полезного ископаемого от коренного месторождения к месту залегания россыпи, подразделяет их на следующие категории: 1) элювиальные; 2) делювиальные: а) собственно делювиальные, б) коллювиальные; 3) аллювиальные: а) русловые, б) косовые, в) долинные, г) террасовые; 4) дельтовые, озерные, лагунные; 5) береговые, морские, озерные; 6) ледниковые.

И. С. Рожков [348] в качестве основы классификации золотоносных россыпей Урала использует их возраст, морфологию и генезис (табл. 11).

Наиболее дробная классификация россыпей принадлежит Н. А. Шило [463]. Она базируется на разделении россыпей по составу полезного ископаемого, генезису, морфологии и возрасту (табл. 12).

Элювиальные россыпи образуются на месте разрушения коренного месторождения и имеют близкую к нему форму в плане. Наиболее благоприятные условия для их формирования существуют в областях с равнинным рельефом в зоне гумидного тропического климата. Здесь происходит интенсивное химическое выветривание, способствующее весьма совершенному измельчению пород, составляющих коренные месторождения, и высвобождению полезного ископаемого. Выровненный рельеф и длительный тектонический покой способствуют образованию коры выветривания мощностью до нескольких десятков метров; процессы химической денудации приводят к сокращению ее объема и значительному обогащению полезным ископаемым по сравнению с коренным месторождением. Примером элювиальных россыпей может служить так называемая желтая земля кимберлитовых трубок Южной Африки, более богатая алмазами, чем кимберлит [504].

На территории СССР благоприятные условия для формирования кор выветривания существовали в прошедшие геологические эпохи. Примерами элювиальных россыпей, связанных с ними, являются Стремгородское месторождение ильменита, связанное с каолиновой корой выветривания на габбро-анортозитовом Волынском массиве [244], Золотокитатская элювиальная россыпь ильменита в Кузнецком Алатау [406].

В областях с субарктическим климатом протекают процессы физического выветривания, сопровождающиеся образованием щебневых и глыбовых отложений. В них полезный компонент в очень незначительном количестве освобождается из коренной породы. Элювиальные россыпные проявления этого типа чаще всего практического значения не имеют. Однако известны и промышленные россыпи. Элювиально-делювиальная россыпь ильменита, сформировавшаяся на габбро-норитах, открыта в Читинской области, в зоне развития многолетней мерзлоты [104]. На некоторых кимберлитовых трубках Якутии сформированы элювиальные россыпи.

Схема классификации россыпей для северо-

Классы россыпей (золотые, платиновые, касситеритовые, воль-

Генетический ряд			Морфо-
Типы	Виды	Разновидности	Морфология
Элювиальные	Околодайковые	Различные по форме ареалы рассеяния, развитые в области осадочных, метаморфических и магматических пород	Вытянутые или неправильной формы контуры, гнездовые
	Околожилльные		Изометрические или неправильной формы контуры
	Околештокверковые, включая зоны минерализованных дробленых пород и алмазоносные трубки		Неправильной формы контуры
Делювиальные	Склоновые	Различные по форме ареалы рассеяния в области пологих или крутых склонов	Вытянутые контуры
	Деллевые		Лентообразные
	Шлейфовые		Четковидные, гнездовые
Солифлюкционные	Террасовые		Четковидные, гнездовые
Аллювиально-делювиальные, аллювиально-солифлюкционные	Ложковые		Гнездовые
	Ложковых выносов		Лентообразные, гнездовые
Аллювиальные	Пойменные	Русловые	В руслах с постоянным стоком
			В руслах с периодическим стоком
		Щеточные	В сланцевой щетке
			В щетке магматических пород
Косовые	В галечных косах		
	В песчаных косах		
Долинные	На коренном плотике	Сложные, пластовые, лентообразные, изометрические, четковидные, гнездовые	
	На ложном плотике		

фрамовые, шеслитовые, ильменитовые, киноварные, комплексные)

логический ряд		Возрастной ряд	
Строение	Размер	Стратиграфическое положение	Отношение к рельефу
Весьма невыдержанные	Большие, средние	Современные	Современный
	Небольшие, мелкие		
	Большие, средние		
Невыдержанные	Мелкие, небольшие	Современные, верхнечетвертичные межледниковые	Современный
	Мелкие		
Весьма невыдержанные	Мелкие		Современный
Невыдержанные	Мелкие		
Невыдержанные	Небольшие		Современный
	Мелкие		
Средней выдержанности	Небольшие, средние		Современный
Весьма невыдержанные			
Средней выдержанности	Небольшие, средние		
Хорошо выдержанные, средней выдержанности	Мелкие, небольшие, средние, большие, очень большие	Современные, верхнечетвертичные ледниковые, верхнечетвертичные межледниковые	

Классы россыпей (золотые, платиновые, касситеритовые, воль-

Генетический ряд			Морфо-	
Типы	Виды	Разновидности	Морфология	
Аллювиальные	Внепойменные	Террасовые	Аккумулятивных террас	Сложные, пластовые, лентообразные, изометрические, линзовидные, гнездовые
			Эрозионно-аккумулятивных террас	
		Террасоувальные	Деформированных террас с сохранившимся аллювием	
			Деформированных террас с частично сохранившимся аллювием	
			Деформированных террас без аллювия	
		Водораздельные (россыпи приподнятой прежней речной сети)	Рельеф с сохранившимися морфологическими элементами древних долин	
Рельеф, потерявший морфологические элементы древних долин				
Ледниковые	Моренные	Конечных морен	Гнездовые	
		Донных морен		
	Флювиогляциальные	—		
Озерные	Пляжевые	—	Пластовые, линзовидные	
	Террасовые	—		
Литоральные	Донные	—	Пластовые, изометрические	
	Пляжевые			
	Террасовые	—	Пластовые, лентообразные	
Техногенные	Остаточнo-целиковые	Открытых разработок	Контуры неправильной формы, гнездовые	
		Подземных разработок		
	Отвальные	Галечниковые		
		Торфовые		

фрамовые, шеелитовые, ильменитовые, киноварные, комплексные)

логический ряд		Возрастной ряд	
Строение	Размер	Стратиграфическое положение	Отношение к рельефу
Хорошо выдержанные, средней выдержанности, весьма невыдержанные	Мелкие, средние, большие	Верхнечетвертичные ледниковые, верхнечетвертичные межледниковые, среднечетвертичные ледниковые, среднечетвертичные доледниковые, нижнечетвертичные	Современный, нижнечетвертичный, погребенный
Весьма невыдержанные, средней выдержанности, хорошо выдержанные	Мелкие, небольшие, средние, большие	От верхнечетвертичных до третичных	Приподнятый
Весьма невыдержанные	Мелкие	Верхнечетвертичные, среднечетвертичные ледниковые	Современный, погребенный
Средней выдержанности	Мелкие, небольшие	Четвертичные	Современный, погребенный, приподнятый
	Мелкие		
Хорошо выдержанные, средней выдержанности	Средние, большие, очень большие	От современных до третичных	
Средней выдержанности	Средние, большие		
Весьма невыдержанные	Мелкие, небольшие	Современные	Современный
Выдержанные	Мелкие, небольшие, средние, большие, очень большие		

Делювиальные россыпи характерны для расчлененного рельефа. Образуются при перемещении элювия коренного месторождения вниз по склонам возвышенностей под влиянием процессов денудации. Последние могут проявляться в форме смывания дождевыми струями, оползней, обвалов, грязевых потоков, оплывин, плоскостного сноса, солифлюкции. Форма делювиальной россыпи, в общем веерообразная, зависит от различного положения коренного месторождения по отношению к склону. Наиболее богатые делювиальные золотоносные россыпи связаны с жилами, выходы которых расположены по падению склона. Делювиальные россыпи редко имеют практическое значение. В Якутии найдены единичные делювиальные россыпи алмазов, сформировавшиеся за счет смещения по склонам материала алмазоносных кимберлитовых трубок; на западном склоне Урала делювиальные россыпи образуются в результате перемещения олигоцен-миоценового алмазоносного аллювия по склонам речных террас. Известны промышленные элювиально-делювиальные россыпи долины р. Каффо (Нигерия) и делювиальные россыпи пирохлора, связанные с карбонатитами в Уганде.

Аллювиальные россыпи приурочены к древним или современным долинам и являются одним из наиболее распространенных типов. В зависимости от закономерностей размещения питающих их эндогенных месторождений они могут быть приурочены к областям, характеризующимся различным рельефом. Для золотоносных, оловоносных, платиноносных россыпей, связанных с коренными месторождениями, формирующимися в геосинклинальных областях, наиболее благоприятным рельефом считается среднегорный с хорошо разработанными речными долинами. Меньший интерес представляют районы развития высокогорного, сильно расчлененного рельефа и равнины [210]. Алмазоносные россыпи, связанные главным образом с коренными месторождениями (кимберлитовыми трубками взрыва), локализованными в пределах платформ, встречаются в районах, характеризующихся рельефом равнин и плато (Сибирская платформа). Промышленные россыпи титановых минералов также приурочены к равнинным районам (Западно-Сибирская низменность, Центральный Казахстан).

Ю. А. Билибин [35] на материале восточных районов СССР выделяет среди аллювиальных россыпей следующие типы: 1) русловые, 2) косовые, 3) долинные, 4) речных террас. Первые залегают в русле потока или под ним. Косовые россыпи приурочены к галечным островам, косам и прирусловым отмелям. Долинные россыпи связаны с современными речными долинами, располагаясь вне зависимости от положения русла. Террасовые россыпи залегают в речных террасах. Древние (высокие) террасы вследствие процессов денудации нередко утрачивают свою форму, и поверхность их постепенно сливается со склонами междуречий, образуя террасоувалы, россыпи которых называются увальными.

В строении аллювиальных (а также береговых, дельтовых и озерных россыпей) различают «плотик» — коренные породы, подстилающие россыпь, «пески», или «пласт» — горизонт породы, обогащен-

ный полезным ископаемым, и «торфа» — горизонт пустой породы. Россыпи, состоящие из одного горизонта «торфов» и одного «песков», называются простыми, а состоящие из нескольких горизонтов «торфов» и «песков» — сложными. В последнем случае каждый прослой пустой породы служит «торфами» для нижележащего горизонта «песков» и ложным плотиком для вышележащего.

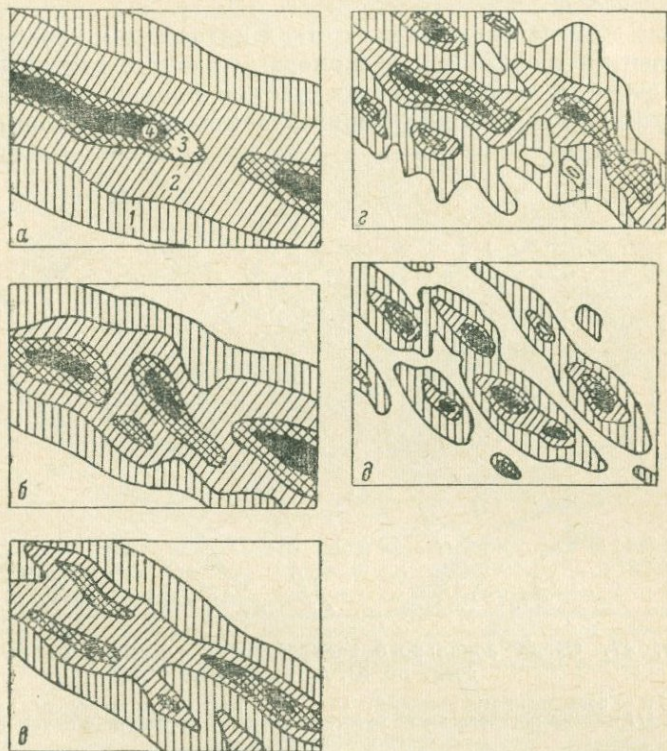


Рис. 46. Распределение металла в россыпи, по Ю. А. Билибину [35]: а — весьма постоянной, б — постоянной, в — среднего постоянства, г — непостоянной, д — гнездовой.

Содержание металла в россыпи: 1 — низкое, 2 — среднее, 3 — высокое, 4 — весьма высокое.

Распределение полезных минералов в аллювиальных россыпях неравномерно. Ю. А. Билибин выделяет пять категорий россыпей на основании содержания и распределения золота, а также постоянства размеров и мощности россыпей (рис. 46).

Наиболее значительные концентрации металла (золота, платины) в плане имеют струйчатый характер. В вертикальном разрезе наиболее обогащенной является приплотиковая часть россыпи. При этом в долинных и русловых россыпях с известняковым плотиком металл концентрируется в неровностях плотика, в россыпях со сланцевым плотиком — в трещинах сланцев («плотиковая» фация аллювия,

по И. П. Карташову и Н. А. Шилю [187]). В косовых россыпях мельчайшими частицами золота (косовым металлом) обогащена верхняя по вертикали часть косы. Для россыпей алмазов также характерен струйчатый характер распределения концентраций, как показали экспериментальные исследования [340] и изучение самих россыпей [132]. Приуроченность алмазов к плотиковому аллювию наблюдается не всегда.

Речные долины на разных участках находятся в различных стадиях развития в связи с неравномерным распространением регрессивной эрозии. К каждому из этих участков приурочены и свойственные им типы россыпей. Объединив участки речных долин, находя-

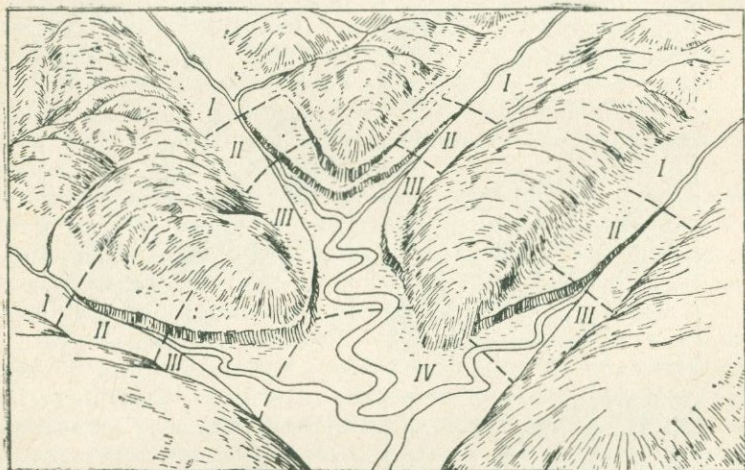


Рис. 47. Схема зонального распределения россыпей по речной сети, по Ю. А. Билибину.

I и *IV* — зоны долинных россыпей, *II* — зона русловых и террасовых россыпей, *III* — зона преобразования русловых россыпей в долинные и уничтожения террасовых.

щихся в одной и той же стадии развития, Ю. А. Билибин, пришел к выводу о зональном характере речной сети. В пределах долин района, испытывающего поднятия, он выделяет следующие 4 зоны (от верховьев к низовьям): 1) зрелых долин старого эрозионного цикла; 2) углубления долины; 3) расширения долин и заполнения их речными отложениями; 4) зрелых долин нового эрозионного цикла.

Каждой из этих зон соответствует преимущественное развитие определенного типа россыпей: первой зоне — долинные россыпи старого эрозионного цикла, второй — русловые и террасовые россыпи, третьей — преобразование русловых россыпей в долинные и уничтожение террасовых россыпей и четвертой — долинные россыпи нового эрозионного цикла (рис. 47).

Г. Б. Жилинский [142] на примере россыпей Центрального Казахстана, характеризующегося равнинным рельефом, несколько видоизменил и дополнил схему зонального распределения россыпей,

предложенную Ю. А. Билибиным. Он выделяет следующие зоны: 1) современных эрозионных долин, к которой приурочены россыпи неаллювиального происхождения (элювиальные, делювиальные и пролювиальные); 2) зрелых долин предыдущего эрозионного цикла с современными долинными аллювиальными россыпями, а на водоразделах — фрагментами древних погребенных долин; 3) современного углубления и расширения долин с древними террасовыми и современными русловыми россыпями; 4) древних аллювиальных равнин с древними (мезозойскими и третичными) косовыми и дельтовыми россыпями; 5) древних озерных впадин, в которых могут быть встречены прибрежно-озерные и погребенные аллювиальные россыпи (рис. 48).

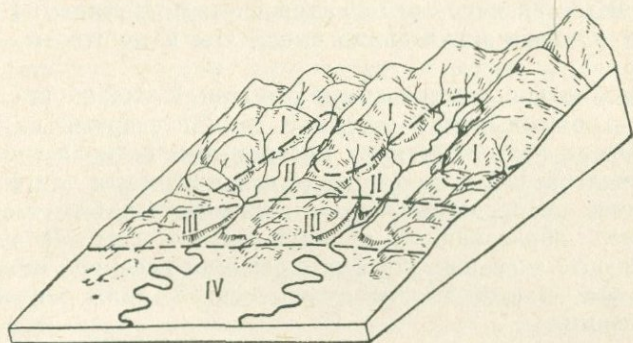


Рис. 48. Схема общей зональности гидрографической сети и распределения в ее пределах различных типов аллювиальных россыпей, по Г. Б. Жилинскому. Зоны: I — современных эрозионных долин и россыпей неаллювиального происхождения (элювиальных, делювиальных и пролювиальных), II — зрелых долин и возможного распространения хорошо выдержанных аллювиальных россыпей, III — современного углубления и расширения долин и преобразования долинных россыпей в террасовые и русловые, IV — аллювиальных равнин и древних дельтово-косовых россыпей.

Г. Б. Жилинский считает, что россыпи тяжелых металлов и минералов (золота, касситерита и вольфрамит) концентрируются в первой и третьей зонах. Зоны четвертая и пятая благоприятны для формирования россыпей титановых и циркониевых минералов, обладающих устойчивостью в процессе переноса и небольшим удельным весом, что обуславливает транспортировку их на значительные расстояния. Этому способствует также их парагенезис в россыпях с минералами группы каолинита. Последние, транспортируясь вместе с минералами титана и циркона во взвешенном состоянии, создают повышенную плотность несущей среды и очень большое внутреннее трение за счет большой поверхности глинистых минералов, что в совокупности со скоростью течения и вихревыми движениями со дна реки не дает «просаживаться» на дно ильмениту, циркону и другим минералам [426].

Ложковые россыпи (россыпи распадков) выполнены смешанными аллювиально-делювиальными отложениями. В сухие периоды в распадки поступает большое количество делювиального материала со склонов, во влажные — происходит переработка поступающего

материала ручьем, текущим по дну распадка и имеющим невыработанный продольный профиль. Благодаря тому, что из распадка выносятся большое количество как крупных частиц, так и мелкого материала, в ямах и выбоинах, покрывающих его дно, могут создаваться очень непостоянные россыпи, состоящие из отдельных небольших золотиносных «кочек», беспорядочно разбросанных вдоль ручья и по разрезу ложковых осадков. Такие россыпи довольно часты в горных районах Северо-Востока СССР.

В алмазонасной полосе западного склона Урала формируются очень своеобразные аллювиально-делювиальные россыпи алмазов в долинах ложков, размывающих террасовые аллювиальные россыпи палеогенового и неогенового возраста. Наиболее благоприятными являются всисячие лога со ступенчатым профилем. Концентрация в них алмазов значительно выше, чем в террасовых россыпях [67, 193].

Озерные, лагунные и дельтовые россыпи. К этой группе относятся россыпи, отложенные при впадении реки в озерный или морской бассейн. Озера разделяются на плотинные и котловинные. Первые обычно недолговечны и поэтому большого значения для формирования россыпей не представляют (за исключением, быть может, плотинных озер, образованных подпруживанием рек лавовыми потоками). Большое значение для формирования россыпей имеют котловинные озера, в особенности вулканического или тектонического происхождения.

Озерная котловина может заполняться содержащими полезное ископаемое осадками как путем приноса материала реками, впадающими в озера (или моря), так и в результате непосредственного размыва берегов. При преобладании привноса материала над его размывом в береговой зоне река формирует дельту. Последняя состоит из подводной и надводной частей.

Подводная часть представлена косо наклоненными в сторону центра озера слоями, в которых более тонкий материал (ил, песок) располагается внизу, более грубый (галька, гравий) наверху. Надводная часть дельты сложена горизонтально-слоистыми осадками. Полезное ископаемое может отлагаться как в надводной части дельты, несколько выше устья реки (пластовый металл в котловинных озерах), так и в подводной (косовое золото). Однако в отличие от аллювиальных россыпей в надводной части металлоносными будут верхи разреза, а в подводной, сильно разубоженной, — низы. Подобные россыпи встречаются редко.

Озерно-дельтовые золотиносные россыпи имеются в Британской Колумбии и Новой Зеландии.

Прибрежные россыпи формируются в береговой полосе крупных водоемов в результате переработки терригенного материала, выносимого реками или поступающего при абразии коренных и россыпных месторождений, а также мощных кор выветривания, расположенных на морском берегу, деятельностью прибоя, береговых течений, приливов и отливов. В прибрежной зоне кластический материал подвергается сортировке волнами. Пелитовые частицы выносятся на

большие глубины, а более крупный материал передвигается по подводному склону в поперечном и продольном направлениях в виде так называемых вдольбереговых потоков наносов [154, 227, 275]. Последние возникают при подходе волн к берегу под острым углом. Аккумуляция происходит лишь в определенных участках, расположение которых определяется динамикой и морфологией побережья. Здесь образуются аккумулятивные тела, с которыми могут быть связаны россыпи.

Прибрежные россыпи распространены довольно широко. Наибольшее значение из них имеют россыпи минералов титана, циркония, редкоземельных элементов (рутил, ильменит, циркон, монацит и др.), алмазов. Золотоносные россыпи играют здесь подчиненную роль.

Формирование прибрежно-морских россыпей обусловлено кроме общих факторов россыпеобразования (геологическое строение района, особенности речной сети, ветры, морские течения, приливы и отливы, особенности климата, тектонические колебания прибрежных участков суши [337]) еще специфическими условиями (размеры, форма и глубина акватории, что определяет направление и силу разгона волн; морфология и динамика берегов; степень интенсивности поступления кластического терригенного или талассогенного материала [275]).

Для прибрежно-морских россыпей характерны следующие особенности [337, 415]: 1) расположение узкой полосой между линиями прилива и отлива, а в закрытых бассейнах — в зоне прибоев; 2) значительная протяженность (до нескольких сотен и даже тысяч километров), небольшая ширина (порядка первых десятков метров) и малая мощность (редко превышающая 1 м); 3) высокое содержание полезных компонентов (к которым относятся минералы, наиболее устойчивые в зоне гипергенеза и по отношению к механическому износу), в отдельных случаях достигающее 60—80% от общего объема осадков; 4) хорошая окатанность и небольшой размер зерен полезных минералов (например, для минералов титана и редкометалльных элементов не более 0,1—0,15 мм); 5) залегание в верхней части разреза прибрежных отложений иногда под маломощным (0,5—1,25 м) слоем песка, не содержащим полезных минералов; 6) в пляжевых россыпях приуроченность более крупного материала к верхним горизонтам осадков; 7) возобновляемость современных прибрежно-морских россыпей (особенно после больших штормов), так что практически их можно считать неисчерпаемыми.

К числу наиболее значительных принадлежат прибрежные алмазные россыпи Юго-Западной Африки, прослеживающиеся на протяжении более 500 км [484]. Источником алмазов в этих россыпях служат отложения так называемых сухих рек. Крупные современные прибрежно-морские россыпи титано-цирконовых минералов известны на побережьях Австралии, Индии, Цейлона, Бразилии, Флориды [244]. Наиболее интересные в промышленном отношении рутилсодержащие прибрежные россыпи, образованные за счет размыва коры выветривания, приурочены к центральной части восточного побережья Австралии — между Сванси на юге и о. Страдброк

на севере. Цепь россыпей протягивается здесь примерно на 75 км. Полезные минералы, представленные цирконом, рутилом, лейкоксенизированным ильменитом, лейкоксеном и монацитом, приурочены как к береговым пляжам, так и к дюнам.

В Индии наиболее богатые россыпи ильменита и монацита расположены вдоль юго-западного побережья п-ова Индостан в штате Траванкор. Продуктивные пески простираются на 4 км при ширине 100—200 м.

Титано-циркониевые прибрежно-морские олигоцен-миоценовые россыпи известны в Среднем Приднепровье. В полосе сочленения Западно-Сибирской низменности с ее складчатым палеозойским обрамлением, а также в пределах самой низменности вблизи выступов палеозойского фундамента в последние годы найден ряд погребенных россыпей титана и редких металлов прибрежно-морского и прибрежно-озерного происхождения мелового и олигоценового возраста [120]. Титано-цирконовые и редкометалльные прибрежно-морские россыпи олигоценового возраста известны также в Западном Казахстане. Во всех указанных районах возникновение россыпей связано с перемывом мощной коры выветривания.

Ледниковые россыпи. Россыпные проявления, связанные с моренами, не имеют промышленного значения вследствие сильного разубоживания не содержащим полезного ископаемого материалом. Исключения, по данным Ю. А. Билибина, могут представлять участки донных морен, обогащенные за счет разрушения доледниковых аллювиальных россыпей. Флювиогляциальные россыпи могут представлять интерес, так как в процессе водной сортировки происходит обогащение обломочного материала полезным ископаемым. В качестве примеров золотоносных ледниковых и флювиогляциальных россыпей Ю. А. Билибин приводит золотоносные донные морены Клондайка, золотоносные флювиогляциальные отложения Новой Зеландии, платиноносные флювиогляциальные галечники р. Тюламин в Канаде. Известны алмазопоявления в моренах Арканзаса [491].

Золотые россыпи образуются главным образом в результате выдувания мелких частиц из обломочного материала, содержащего полезное ископаемое. Формируются они в аридных районах за счет переработки ветром россыпей других типов, в основном прибрежно-морских. Примером золотых россыпей могут служить обогащенные цирконом, ильменитом и монацитом дюны австралийского побережья, о которых упоминалось выше. В результате перевевания отложений «сухих» рек формируются золотые алмазонаосные россыпи пустыни Намиб (Африка).

Дальнейшая судьба россыпей, сформировавшихся в результате всех перечисленных процессов, в значительной степени зависит от тектонических движений, вулканической деятельности, оледенений и т. п. В результате тектонических опусканий россыпи могут быть погребены под толщей более молодых осадков. Так, например, неогеновые золотоносные россыпи на Алдане, связанные с красноцветными аллювиальными и пролювиальными отложениями, пере-

крыты золотоносным четвертичным аллювием [349]. Золотоносные россыши под базальтовыми потоками известны в Восточной Австралии. В пределах Виллюйской синеклизы открыты погребенные россыши алмазов нижнеюрского возраста [427, 429]. В Ленском золотоносном районе широко распространены золотоносные россыши (рис. 49), погребенные под толщей морены [175, 176].

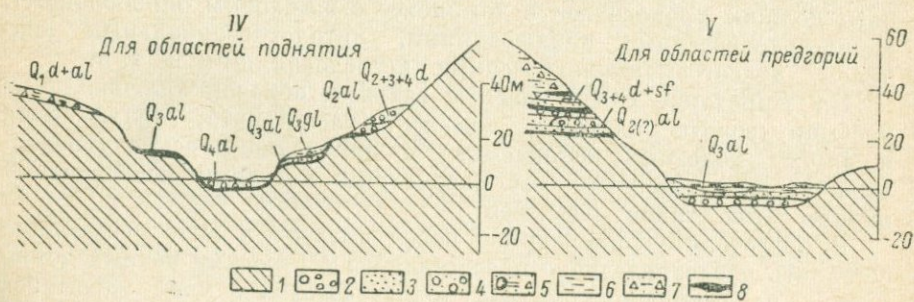
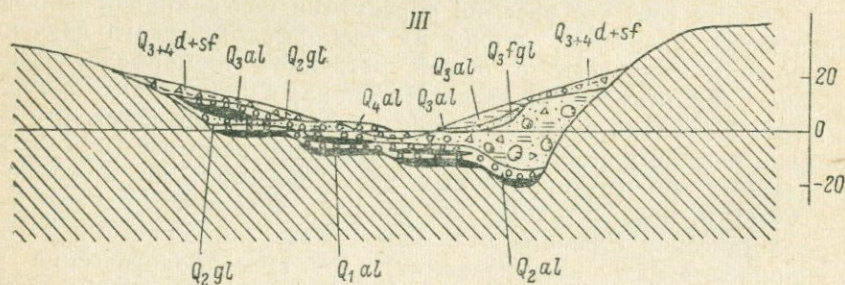
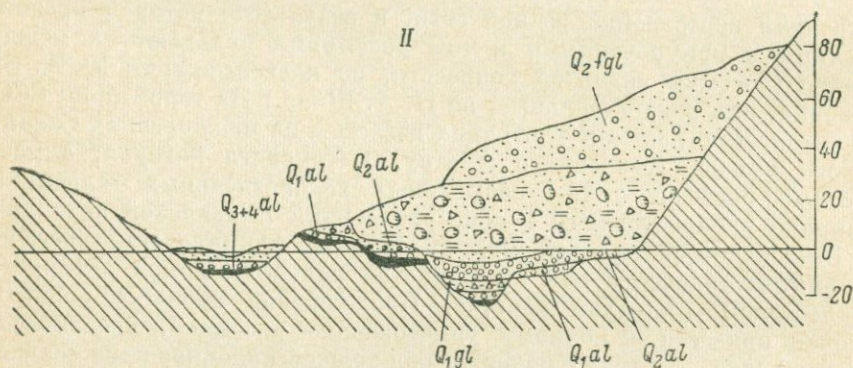
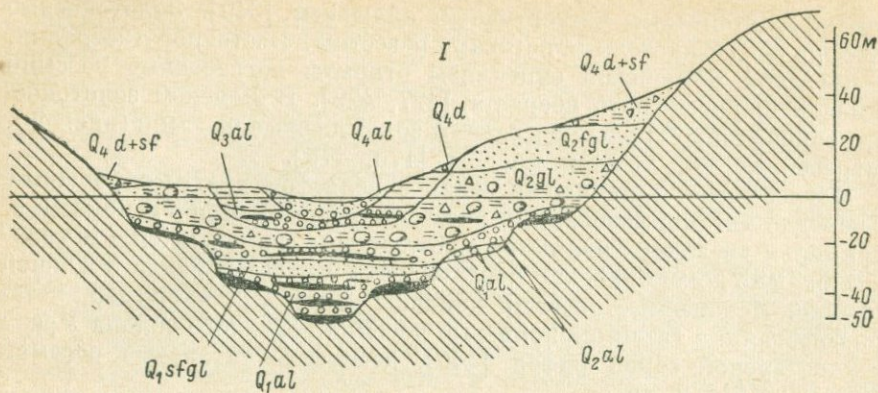
Погребенные, потерявшие связь с рельефом диагенезированные и нередко метаморфизованные россыши превращаются в ископаемые. Примером последних являются золотоносные, алмазоносные и урансодержащие докембрийские конгломераты Витватерсранда в Южной Африке. Ископаемые россыши найдены и в СССР, например, метаморфизованные титан-циркониевые россыши западного склона Урала в каратауской серии рифея [440], девонские титановые россыши Тимана [181] и др.

В процессе неотектонических поднятий может произойти существенная перестройка речной сети, в результате которой прежние долины с приуроченными к ним россыпями попадают на междуречья (россыши поднятой гидросети, по классификации Ю. А. Билибина, или водораздельные, по Н. А. Шило.) На территории СССР золотоносные россыши этого типа известны на междуречьях Салаирского кряжа, Кузнецкого Алатау, Патомского нагорья; алмазоносные россыши в так называемых водораздельных галечниках широко распространены в зоне сочленения Анабарской антеклизы с Виллюйской синеклизой [225, 295]. Время формирования россыпей поднятой гидросети для большинства районов Сибири датируется палеогеном — началом неогена. Продолжение процесса поднятий может привести к полному уничтожению россыпей, последующее погружение — к их сохранению под толщей накопившихся осадков.

В связи с тем, что россыши образуются под влиянием рельефообразующих процессов, методы их геоморфологического изучения в основном совпадают с общей методикой геоморфологических исследований, изложенной выше. Но так как в конечном итоге нужно наметить не только крупные районы, благоприятные по своему геоморфологическому строению для локализации россыпей (при мелко-масштабных рекогносцировочных исследованиях), но и конкретные участки, перспективные для поисков, и детально изучить геоморфологическое строение отдельных разведанных россыпей (при крупномасштабных исследованиях), то геоморфологические работы должны проводиться в комплексе с пливовым опробованием, гидрогеологическими наблюдениями, литолого-фациальным анализом, палеогеоморфологическими исследованиями и т. п.

На территории СССР развиты главным образом аллювиальные россыши (золота, платины, алмазов, касситерита, вольфрамиты и других полезных ископаемых) и прибрежно-морские (титано-циркониевые). Поэтому мы рассмотрим методику исследований именно этих типов россыпей.

В подготовительный период перед выездом в поле необходимо составить предварительное представление о строении речных долин района на основании анализа топографических карт масштабов



1 : 300 000, 1 : 100 000 и более крупных, а также просмотра аэрофотоснимков. С помощью такого анализа можно установить следующее.

1. Суженные участки долин, для которых характерны в основном процессы переноса обломочного материала, и расширенные, аккумулятивные с широким развитием террас, кос, прирусловых отмелей; наиболее благоприятными районами локализации россыпей будут зоны перехода от суженных отрезков долин к участкам аккумуляции [464]. Ниже по течению рек условия для возникновения россыпей менее благоприятны вследствие их разубоженности массой пустого аллювия.

2. Количество и границы распространения отдельных террас, степень их сохранности и особенности микрорельефа поверхности. На крупномасштабных аэрофотоснимках изучаются хорошо выделяющиеся морфологические элементы русла: плёсы и перекаты, галечные острова — осередки, косы, прирусловые отмели. Каждый из них характеризуется своими закономерностями содержания тяжелой фракции, а вместе с нею и интересующего полезного ископаемого.

3. Закономерности в ориентировке речной сети (по параллелизму направлений мелких притоков и очертаниям прямолинейных участков долин крупных рек) в связи как с мелкой диагенетической и тектонической трещиноватостью осадочных пород и контракционными трещинами в изверженных, так и с крупными зонами разломов. Последние часто являются местами локализации рудных месторождений, вблизи которых могут располагаться богатые россыпи. Приуроченность богатых аллювиальных россыпей к зонам разломов отмечают Н. А. Шило и И. П. Карташов для Яно-Колымского золотоносного пояса. Расположение вблизи зон разломов, с которыми связаны коренные месторождения алмазов (кимберлитовые трубки), характерно также для алмазонасных россыпей Западной Якутии. Таким образом, закономерное ориентированное расположение речной сети предположительно говорит о наличии разломов и может указывать на возможность открытия россыпей и коренных месторождений.

Для выявления закономерностей в строении речной сети полезно составить диаграммы-розы ориентировки долин. Последние составляются следующим образом. С помощью горного компаса или транспортира на карте определяется направление ориентированных мелких притоков и прямолинейных отрезков долин крупных рек. Замеряется количество километров, приходящееся на долины определенного направления. Затем строится диаграмма-роза с секторами интервалом в 10°.

Рис. 49. Основные типы строения долин и размещения в них золотоносных россыпей в Ленском золотоносном районе, по Ю. П. Казакевич [175].

Типы: I — мараканский, II — тунгусский, III — нигринский, IV — кеватинский (для областей поднятия); V — малопахотский (для областей предгорья); 1 — коренные породы; 2 — галечник; 3 — песок; 4 — песок с обильной галькой; 5 — морена; 6 — ил; 7 — щебнистые отложения; 8 — золотоносные россыпи.

4. Наличие асимметричных долин, образование которых может быть связано с различным литологическим составом пород, слагающих склоны долины, с моноклинальным падением пластов, с различной ориентацией по отношению к странам света, с многолетней мерзлотой, с неравномерными тектоническими движениями. Если последние имели одинаковую направленность на протяжении нескольких эрозионных циклов, то направление, противоположное тому, в котором все время «скатывалось» русло реки, является благоприятным как для выявления террас на пологом склоне речной долины, так и для поисков на междуречьях россыпей поднятой (или напротив, погребенной и откопанной) речной сети.

5. Речные перехваты и эпигенетические участки долин.

6. Наличие реликтов речных долин на водоразделах, не связанных с современной речной сетью.

Изучаются также все имеющиеся опубликованные и рукописные материалы по морфологии речных долин и характеристике связанных с ними аллювиальных и других генетических типов отложений.

Собираются сведения об известных рудопроявлениях и россыпях и производится предварительная оценка района с точки зрения перечисленных выше поисковых критериев.

В итоге предполевого анализа имеющихся материалов должны быть выявлены участки возможного нахождения россыпей, на изучение которых следует обратить особое внимание.

При полевых исследованиях перспективные участки, отмеченные на основании анализа топографических карт, аэрофотоматериалов, геоморфологических и геологических данных, исследуются особенно тщательно. С помощью барометрического или инструментального нивелирования, сопровождаемого проходкой горных выработок, составляется серия поперечных геолого-геоморфологических профилей долин. Изучается гранулометрический и вещественный состав различных генетических типов отложений, выполняющих речные долины, и производится их шлиховое опробование.

В поле составляются также продольные профили террас, на которые наносятся разрезы террас по обнажениям и горным выработкам, отметки поверхностей и цоколей. В разрезах выделяются маркирующие горизонты аллювия, которые в совокупности с геоморфологической позицией террас и палеонтологическими данными, если последние имеются, позволяют произвести стратиграфическое расчленение террасового аллювия и корреляцию террас.

Составление продольных профилей террас в крупном масштабе для отдельных отрезков речных долин с приуроченными к ним россыпями необходимо для палеогеоморфологических реконструкций. Так, например, продольный профиль террас для группы олигоцен-миоценовых алмазонасных россыпей на западном склоне Урала помог установить, что три россыпи, в настоящее время приуроченные к террасам разных рек (основной и двух ее притоков), представляют собой следы меандра единой древней олигоцен-миоценовой реки.

При полевых работах необходимо выяснить причины ориентированного расположения речной сети, наметившегося при анализе картографических материалов и аэрофотоснимков. Обычно это связано с приспособлением долин к тектоническим трещинам. Такая зависимость прослеживается и в складчатых областях, например, на Урале [7], на Камчатке [118], в Рейнских сланцевых горах [483], на Северо-Востоке СССР [189] и на платформах, в частности на Сибирской платформе [23, 79, 311, 442]. Она проявляется и во внеледниковых районах, и на территориях, претерпевших покровное оледенение, как, например, Средний Тиман, где междуречья перекрыты мощной толщей четвертичных осадков [250], и на Восточно-Европейской равнине [108]. Закономерный ориентированный рисунок речной сети позволяет судить о трещиноватости горных пород, что имеет особенно большое значение при поисках в закрытых районах.

Обоснованный вывод о генезисе закономерной ориентировки долин можно сделать, изучив их соотношения с трещинами в горных породах. Различают трещины седиментационные (литогенетические), тектонические, выветривания и механической разгрузки [441]; по форме выделяют трещины открытые (зияющие) и закрытые; по отношению к тектоническим структурам — трещины ортогональные и диагональные; по отношению к геологическим пластам — трещины сбросов, взбросов, надвигов, сдвигов и трещины без смещения пластов. Наиболее выдержанными являются тектонические трещины. Направление их в породах разного возраста часто совпадает [311].

Выявление зависимости речной сети от тектонической трещиноватости существенно для поисков как современных русловых и долинных россыпей, так и богатых погребенных или россыпей поднятой речной сети. Большое значение это имеет для зон сочленения крупных положительных и отрицательных платформенных структур, к которым приурочены полигенетические разновозрастные поверхности выравнивания. Примером является междуречье Мархи и Тюнга (рис. 50) в области сочленения Анабарской антеклизы и Вилюйской синеклизы (Сибирская платформа). Этот район характеризуется а) интенсивной тектонической трещиноватостью, связанной с отражением в осадочном чехле платформы зон глубинных разломов; б) отчетливой связью речной сети с тектонической трещиноватостью; в) отсутствием существенной перестройки речной сети начиная с палеогена.

Основным направлением крупных тектонических разломов, заполненных дайками трапшов, является северо-восточное, подчиненным — северо-западное и субмеридиональное. Мелкая трещиноватость в карбонатных породах нижнего палеозоя имеет северо-восточное и север-северо-западное (субмеридиональное) простирание. Трещины северо-западного простирания играют подчиненную роль. Диаграммы-розы направлений современных речных долин, напротив, показывают преобладание северо-западного и субмеридионального направлений, северо-восточное является подчиненным. Последнее связано с наклоном территории к юго-востоку — к центру Вилюйской

синеклизы. В ориентировке фрагментов речных долин палеогенового и неогенового возраста, как показывают диаграммы-розы, составленные на основании палеогеоморфологических реконструкций территории, также преобладает северо-западное простирание.

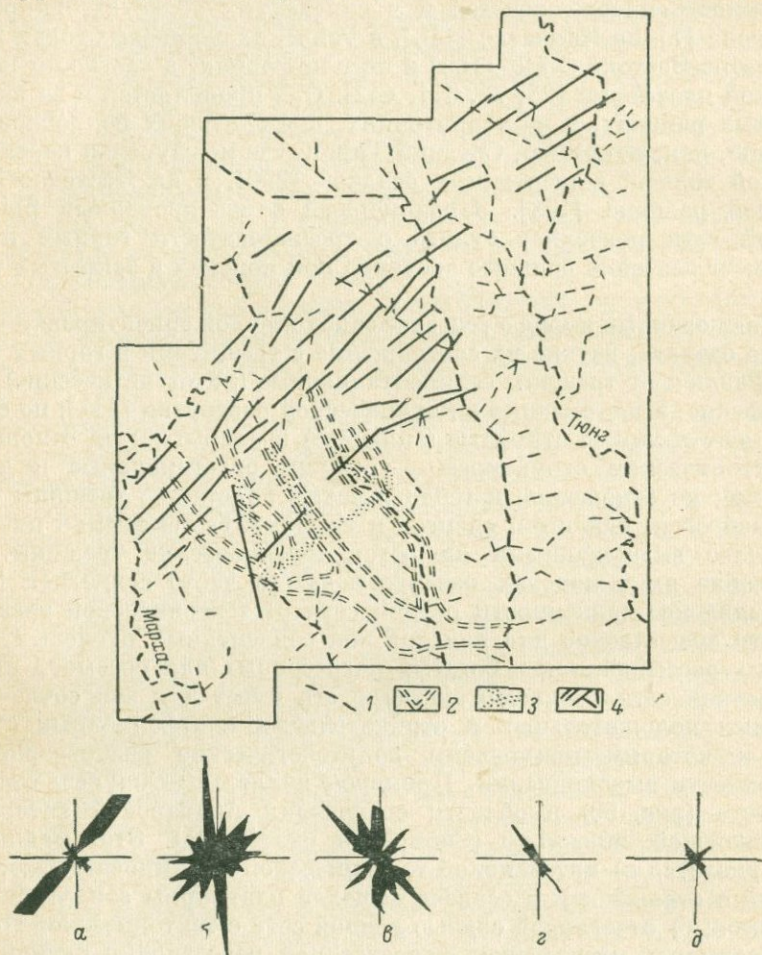


Рис. 50. Схема зависимости ориентировки речных долин от направлений разломов и мелких трещин на междуречье Мархи и Тюнга.

1 — направление долин современных рек; 2 — фрагменты неогеновой речной сети; 3 — фрагменты палеогеновой речной сети; 4 — линии разломов; диаграммы-розы: а — направленный разлом, б — мелких трещин в карбонатных породах нижнего палеозоя, в — направленный современных речных долин, г — направленный фрагментов неогеновых речных долин, д — направленный фрагментов палеогеновых речных долин.

Первостепенное значение при поисках россыпей имеет шлиховое опробование, осуществляющееся параллельно с геолого-геоморфологическими исследованиями. Оно направлено на поиски рудных месторождений благородных и редких металлов, поиски россыпей различных полезных ископаемых и выявление шлихо-минералогии.

ческих ассоциаций, необходимых для решения задач палеогеографии, металлогении, стратиграфической корреляции осадочных толщ, выяснения их генезиса, установления источников минералов россыпей, направления сноса осадков и зерен полезных минералов. Так, например, в Восточной Сибири шлиховое опробование успешно используется для оконтуривания слабо выраженных в рельефе высоких древних алмазоносных террас (террасоувалов), постепенно переходящих в поверхности междуречий [313]. Перечисленные выше задачи решаются путем полевой диагностики зерен полезных минералов (золота, платины, касситерита и т. д.) и их парагенетических спутников (например, пироба — для алмазов из коренных месторождений, циркона, ильменита, хромшпинелида — для алмазов из аллювиальных россыпей) в шлихах непосредственно на месте их взятия или в полевой шлиховой лаборатории. Окончательно изучаются шлихи уже в течение камерального периода.

Большое значение имеет техника взятия шлиха. Для наиболее полного извлечения минералов с умеренно высоким удельным весом ведется промывка до «серого» шлиха. При этом в шлихе должны сохраняться такие контрольные минералы, как гранат, амфиболы, пироксены, турмалин, топаз, циркон [174].

При исследованиях, связанных с поисками россыпей алмазов, титана и некоторых других полезных ископаемых, требуется особенно тщательная промывка шлихов. Для наиболее полного извлечения зерен полезных минералов рекомендуется, во-первых, перед отмывкой отсечь (на ситах) гальку и гравий; во-вторых, вести доводку до серого шлиха; в-третьих, производить двукратную промывку (с последующим перебивом «хвостов» первой доводки) небольшими порциями, не более $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ ковша [422]. Время, затраченное на рассев и двойную доводку, компенсируется уменьшением объема проб. Так, например, при шлиховом опробовании с целью поисков россыпей алмазов в Восточной Сибири с помощью двойной доводки и отмывки небольшими порциями извлекалось 80—90% тяжелой фракции, в то время как при обычном ковшовом или лотковом опробовании, производимом однократно, извлекается не более 40—45% тяжелой фракции при ее среднем удельном весе порядка 4—5 г/см³ и не более 20—25% при среднем удельном весе тяжелой фракции, равном 3—3,5 г/см³ [218]. При двойной доводке для констатации минералов-спутников алмаза и полной характеристики минерального состава шлихов объем пробы составлял 10—12 л (1 ведро) при среднем выходе шлиха 1,5—2 кг/м³ против обычного объема, применяемого при ковшовом или лотковом опробовании, порядка 50 л и более.

Шлиховое опробование при поисках аллювиальных россыпей проводится по речным долинам как крупных рек, так и всех их притоков. При рекогносцировочных поисково-съемочных работах в масштабах 1 : 1 000 000 и 1 : 500 000 для выяснения общих перспектив распространения россыпных полезных ископаемых опробуются в основном русловые отложения (рис. 51). На следующем этапе поисково-съемочных работ масштабов 1 : 200 000 и 1 : 100 000,

имеющих целью выделение участков для постановки детальных поисковых работ, проводится русловое и бортовое опробование террас и аллювиально-делювиальных отложений склонов долины

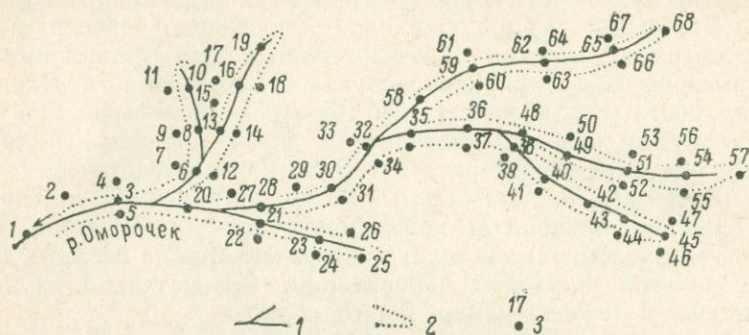


Рис. 51. Схема руслового и бортового шлихового опробования, по И. М. Озерову [292].

1 — русла водотоков; 2 — контуры долин; 3 — места отбора шлиховых проб.

(рис. 52). Наконец, при детальных поисково-съёмочных работах масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000 систематически опробуются все генетические типы четвертичных отложений района по продольным

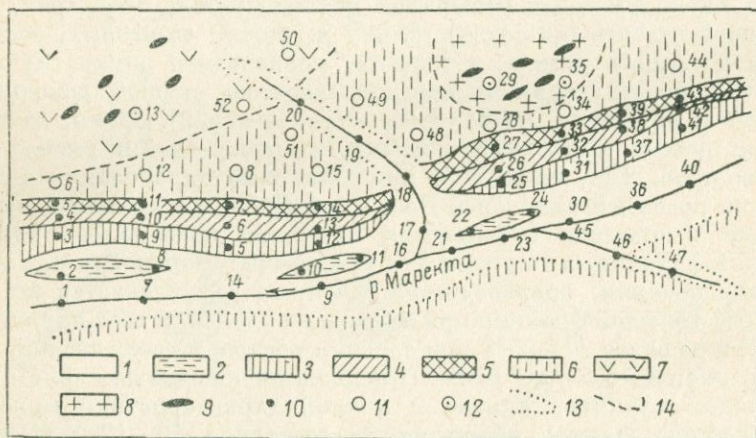


Рис. 52. Схема детального шлихового опробования, по И. М. Озерову [292].

1 — аллювиальные отложения поймы; 2 — косы; 3 — аллювиальные отложения первой надпойменной террасы; 4 — то же, второй надпойменной террасы; 5 — то же, третьей надпойменной террасы; 6 — делювий склонов; 7 — сенинты; 8 — граниты; 9 — рудные залежи; 10 — места отбора шлиховых проб из аллювиальных отложений; 11 — то же, из делювиальных отложений; 12 — то же, из элювиальных образований; 13 — русло водотоков; 14 — граница распространения пород.

и поперечным профилям [292]. Кроме того, проводятся протоочки и отмывка искусственных шлихов из дочетвертичных осадочных и магматических пород с целью выяснения их влияния на состав четвертичных осадков.

Шлиховое опробование желательно проводить снизу вверх по течению реки. Аллювий мелких логов и рек может содержать высокие концентрации полезного ископаемого в шлихах в случае размыва ими коренного месторождения. Аллювий крупных рек разубоживается пустым неметаллоносным материалом. Густота шлихового опробования зависит от масштаба исследований. Единными нормами выработки на опробование твердых полезных ископаемых предусмотрена следующая детальность шлихового опробования для различных масштабов геолого-съемочных работ (в пробах на 1 км маршрута): 1 : 500 000 — 1; 1 : 200 000 — 2; 1 : 100 000 — 3; 1 : 50 000 — 6; 1 : 25 000 — 8.

Шлихи следует брать не механически через определенные (равные) расстояния между точками, а выбирая места с благоприятными

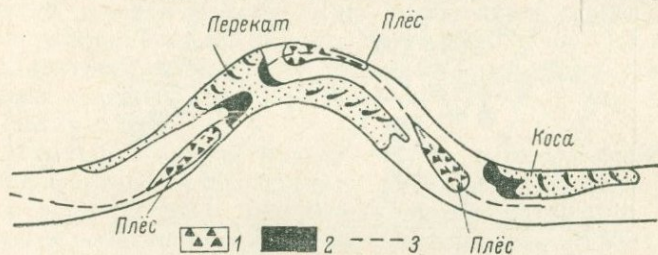


Рис. 53. Схема распределения тяжелой фракции в русловом аллювии, по Н. В. Разумихину.

— тяжелые минералы крупных классов; 2 — то же, мелких классов; 3 — линия стрежня.

условиями для концентрации тяжелой фракции. По данным М. И. Ициксона [174], факторы, влияющие на выбор мест, характеризующихся максимальной концентрацией тяжелой фракции, подразделяются на факторы общего и местного порядков. К первым относятся положение в долинах зон определенных фаз эрозийного цикла (зоны зрелых долин, углубления долин и т. д.), а также характер расположения участка, где производится шлиховое опробование. Наиболее благоприятны места, где скорость течения резко замедляется. Такие условия создаются при внезапном расширении речной долины, ниже крутых поворотов, при резкой смене крутого продольного профиля долины более пологим, ниже перекатов, и т. д. Иногда концентрация тяжелых минералов связана с участками быстрого течения (перекаты, быстрины над поперечными выступами коренного ложа). Здесь аллювий обогащается тяжелой фракцией вследствие выноса легких минералов. Часто обогащение тяжелой фракцией наблюдается на косах, расположенных выше впадения притоков, которые подпуживают главную реку (рис. 53).

К факторам местного порядка относятся место взятия пробы, положение ее относительно плотика, характер последнего и состав промываемых пород.

В косах наиболее обогащены головные части и выпуклые края; тяжелые минералы концентрируются на поверхности, поэтому здесь

нет необходимости проходить глубокие копуши. В долинных, русловых и террасовых россыпях пробы на золото, касситерит, платину и другие минералы с высокими и средним удельным весом необходимо брать из приплотиковой части аллювия; также следует отмыывать и «щеточные пробы», представляющие задирку сланцевого плотика. Для минералов с небольшим удельным весом (алмаза, рутила, циркона) приуроченности к приплотиковой части аллювия большей частью не наблюдается.

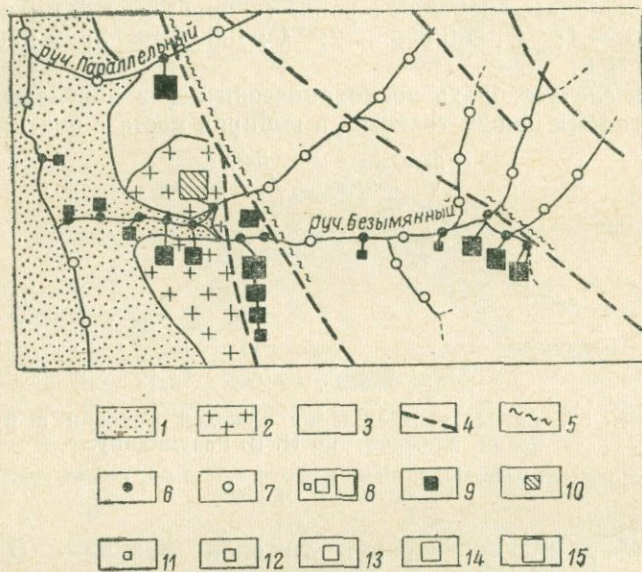


Рис. 54. Карта шлихового опробования бассейнов ручьев Безымянного и Параллельного, по В. М. Моралеву и К. Г. Чехихину.

1 — четвертичные аллювиальные отложения; 2 — мезозойские гранодиориты; 3 — мезозойские вулканогенные отложения; 4 — разрывные нарушения; 5 — предполагаемые золотоносные зоны пиритизации; 6 — шлихи, содержащие знаки золота; 7 — шлихи, не содержащие золота; 8 — зерна золота пластинчатой формы; 9 — зерна золота окатанные; 10 — зерна золота угловато-окатанные; размер зерен золота, мм: 11 — около 0,01, 12 — 0,1; 13 — 0,2, 14 — 0,3, 15 — 0,4—0,5.

Важное значение для выбора мест наибольшей концентрации тяжелых минералов имеет granulометрический состав аллювия. Наиболее благоприятны для концентрации золота глинистые галечники. С ними связаны и наибольшие содержания алмазов в третичных россыпях Урала. Сибирские алмазные россыпи, напротив, характеризуются галечниковым составом с песчаным цементом. Циркониевые и титановые минералы локализуются в тонкозернистых песках и алевролитах.

При уточнении мест концентрации тяжелых минералов в речном аллювии (следовательно, и точек, наиболее благоприятных для шлихового опробования) имеют значение экспериментальные исследования [339, 340]. Как показали последние, в большинстве случаев (исключая косы и подвалы перекатов) места повышенной концент-

рации тяжелых минералов приурочены к краевым участкам зон максимальных размывов, т. е. к головным участкам верхних побочной перекатов, примыкающих к стрежневой зоне потока и к центру плесовой лощины. Концентрация тяжелых минералов в подвале переката связана с наличием здесь вальда с горизонтальной осью вращения, направленной в сторону берега, что приводит к выносу легких частиц в прибрежную зону.

Подсчет знаков полезного минерала в шлихах предварительно может быть осуществлен еще в поле, непосредственно при отмывке или в полевой лаборатории. Он позволяет оконтурить перспективные участки, а при более детальных исследованиях, сопровождаемых шурфовкой по правильной сетке, обнаружить россыпь. При геоморфологических исследованиях с целью поисков россыпей, особенно связанных с древней речной сетью, необходимо кроме минералов шлиховой размерности ($< 0,5$ мм) учитывать и те минералы, которые концентрируются в более крупных фракциях и извлекаются при доводке отдельных классов (1—0,5; 2—1; 4—2 мм) после рассева на ситах [219].

В камеральный период шлихи сдаются в шлихо-минералогическую лабораторию, где их разделяют на легкую и тяжелую фракции. В лаборатории изучают под биноклем магнитную, электромагнитную и немагнитную фракции. Данные количественно-минералогического анализа шлихов используются для составления качественных, количественных и фоновых шлиховых карт [294].

На картах качественного состава шлихов условными знаками или буквами у мест взятия шлихов отмечается присутствие полезных минералов.

Количественные шлиховые карты подразделяются на точечные и ленточные. В первом случае выше точек взятия шлихов строятся круговые диаграммы содержания основных тяжелых минералов, причем диаметр круга пропорционален выходу тяжелой фракции. Во втором случае содержание интересующих минералов показывается полосами вдоль русел рек. Ширина полосы пропорциональна содержанию минерала в шлихах. В некоторых случаях на карту наносится содержание в знаках только одного какого-нибудь минерала, например пироба, являющегося минералом-индикатором при поисках алмазонасных россыпей и кимберлитовых трубок [366]. При составлении точечных шлиховых карт (рис. 54) следует учитывать и размерность зерен полезных минералов (их гранулометрический состав) [269]. При геоморфологических исследованиях с целью поисков аллювиальных россыпей алмазов (особенно древних), коренные источники которых не известны, необходим гранулометрический анализ минералов-спутников (пироба и пикроильменита) и коррелятивных минералов, свойственных отложениям определенного возраста (рис. 55).

Фоновые шлиховые карты, составляемые при палеогеоморфологических и палеогеографических реконструкциях для стратиграфического расчленения отложений, вмещающих россыпи и т. д., подразделяются на ленточные и площадные. На них выделяются

минеральные ассоциации количественно преобладающих минералов (обычно не более трех, причем название преобладающего минерала ставится в конце), например, ильменит-гранат-пироксеновая ассоциация и т. п. (рис. 56). На ленточных фоновых шлиховых картах минеральные ассоциации показываются в виде полос вдоль русел рек, на площадных фоновых картах — цветным фоном [313].

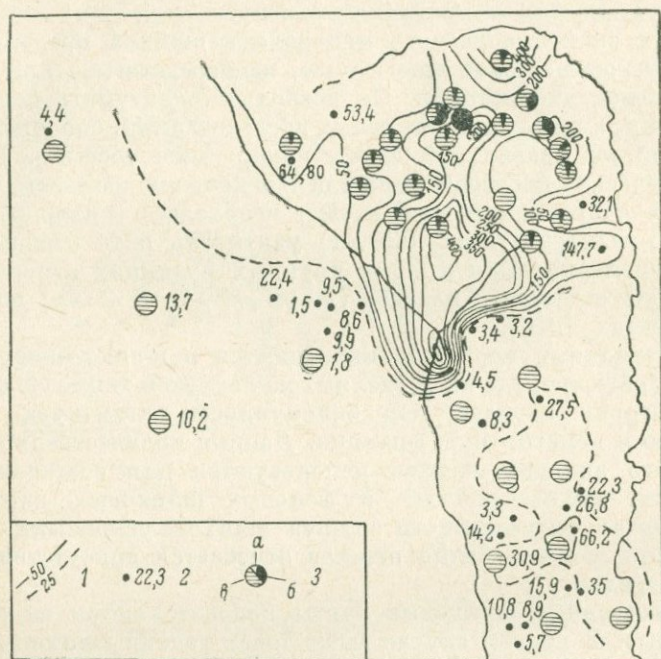


Рис. 55. Схема распределения кyanита в верхнемеловых-палеогеновых отложениях междуречья Мархи и Тюнга, по О. И. Кардопольцевой и О. Г. Салтыкову.

1 — изолинии содержания кyanита во фракции — 1 мм (проведены через 50 пес. ед.); 2 — содержание кyanита во фракции +1 мм (в весовых единицах на определенный объем); 3 — циклограммы гранулометрического состава кyanита: а — фракция 4 + 2 мм, б — фракция 2 + 1 мм, е — фракция 1 мм.

Наряду с шлиховым опробованием при геоморфологических исследованиях с целью поисков россыпей очень важно изучать гранулометрический состав осадков, петрографический состав, окатанность и ориентировку галек, состав глин из цемента и т. п.

Гранулометрический состав аллювия является показателем определенных условий россыпеобразования. Аллювиальные россыпи золота, алмазов всегда связаны с галечниками, россыпи циркона, ильменита, монацита — с мелкозернистыми песками и алевролитами. Высокое содержание глин часто является показателем химического выветривания, испытанного отложениями. Приведем в качестве примера гранулометрический состав некоторых алмазоносных аллювиальных россыпей Урала и Сибири (табл. 13).

Гранулометрический состав алмазоносных россыпей,
по М. И. Плотниковой [312], %

Возраст	Галька и валуны	Гравий	Песок	Алеврит и глина
Верховья р. Косьвы (Урал)				
Русловые и пойменные россыпи (Q _{IV})	72,1	11,7	8,0	8,2
III терраса (Q _{III})	47,4	14,3	10,6	27,1
IV терраса (Q _I)	28,2	7,7	4,2	58,9
V терраса (N ₂)	6,2	—	6,3	87,5
VI терраса (N ₁)	7,8	6,8	2,0	83,4
Среднее течение р. Мархи (Вост. Сибирь)				
Русловые и пойменные россыпи (Q _{IV})	41,0	30,0	22,0	7,0
I терраса (Q _{I+IV} ⁴)	30,4	55,2	14,4	—
II терраса (Q _{I+II} ²)	30,0	36,0	20,0	14,0
III терраса (Q _{I+III} ⁴)	61,9	20,8	16,0	1,3
IV терраса (Q _{I+II} ²)	44,5	21,5	24,0	10,0
V терраса (Q _I)	38,9	29,2	21,1	10,8
VI терраса (Q _{I—N₂})	12,9	17,6	34,4	35,1
Древняя поднятая гидросеть (N ₂)	29,3	21,2	31,7	17,8

Как показывает таблица, в обоих районах наблюдается увеличение содержания алеврита и глины и снижение количества гальки и гравия в более древних неогеновых россыпях, испытавших химическое выветривание, по сравнению с четвертичными.

Важную роль играет исследование петрографического состава обломков. Прослеживая в аллювии обломки пород, являющихся первоисточниками полезного минерала, можно подойти к открытию коренного месторождения. Так, например, при прослеживании галек кимберлитов в русловом аллювии были найдены некоторые кимберлитовые трубки Якутии. Различие в петрографическом составе террасовых отложений, вмещающих россыпи, дает возможность провести их стратиграфическое расчленение; особенно хорошо это удается для неогеновых и четвертичных отложений внеледниковых районов [312] на основании соотношения обломков пород, устойчивых и неустойчивых к выветриванию. Так, например, в разновозрастных алмазных россыпях бассейна верхнего течения р. Косьвы соотношение устойчивых (кварц, кварциты) и неустойчивых (основные и ультраосновные породы, сланцы, известняки) пород в гальке меняется следующим образом (табл. 14).

Изучение петрографического состава обломков важно для палеогеоморфологических реконструкций россыпей древней речной сети и для установления источников сноса обломочного материала россыпей. Так, например, присутствие галек кварцита с обильными выделениями листочков графита в верхнемеловых — палеогеновых

Соотношение пород различной устойчивости в разновозрастных россыпях р. Косевы, %

Степень устойчивости пород	Россыпи				
	Русловые и пойменные	III террасы Q_{II}	IV террасы Q_I	V террасы N_2	VI террасы N_1
Устойчивые	48,9	62,6	62,8	78,9	95,1
Неустойчивые	51,1	37,4	37,2	19,0	0,9
Аутигенные (лимонит)	—	—	—	2,1	4,0

пиропоносных (и предположительно алмазонасных) отложениях аллювиальных равнин на междуречье Мархи и Тюнга говорит об их сносе с Анабарского кристаллического массива, где такие породы широко развиты.

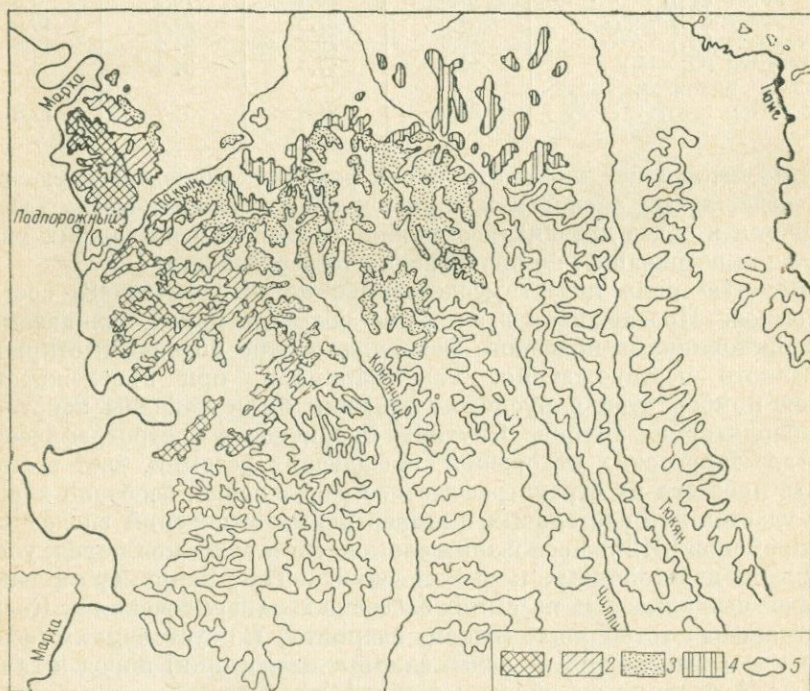


Рис. 56. Схема распределения минеральных ассоциаций в водораздельных галечниках междуречья Мархи и Тюнга, по М. И. Плотниковой, В. Н. Уманец и О. И. Кардопольцевой.

1 — существенно пироксеновая ассоциация; 2 — пироксен-гранат-ильменитовая ассоциация; 3 — существенно ильменитовая ассоциация; 4 — кванцит-ильменитовая ассоциация; 5 — граница распространения минеральных ассоциаций.

Изучение окатанности обломков в россыпях позволяет реконструировать направление древней речной сети, с которой связано их формирование [217].

При геоморфологических исследованиях с целью поисков аллювиальных россыпей большое значение имеет анализ мощностей осадков, позволяющий наряду с особенностями вещественного состава аллювия предварительно оценить перспективность россыпей. Так, например, значительные мощности (до 40—45 м) олигоцен-миоценового алмазонасного аллювия Урала, выполняющего глубокие карстовые западины в известняках, способствуют разубоживанию связанных с ними россыпей алмазов, в то время как сравнительно маломощные россыпи четвертичных террас и русла являются значительно более обогащенными.

Геоморфологические исследования широко применяются при поисках золотоносных россыпей на Северо-Востоке СССР [189], в Байкало-Патомском и Северо-Байкальском нагорьях [156, 175, 176].

Весьма успешно геоморфологические исследования применялись при поисках алмазонасных россыпей на западном склоне Среднего Урала, где имелись сведения о единичных находках алмазов, сделанных попутно с добычей золота из золотоносных россыпей. В 1938 г. здесь начались поисковые работы. Были разработаны геоморфологические критерии, позволившие успешно проводить поиски новых алмазных россыпей, хотя до настоящего времени не выяснены коренные источники алмазов на Урале.

Эти россыпи формировались в следующих условиях: 1) наличие нескольких эпох образования кор химического выветривания, неоднократный переыв и обогащение которых привели к формированию уральских алмазонасных россыпей; 2) локализация россыпей в пределах межгорных депрессий меридионального простирания, приуроченных к карстующимся карбонатным породам и играющих роль своеобразных ловушек рыхлого алмазонасного материала. При этом наиболее существенные концентрации алмазов в россыпях наблюдались в пределах тех депрессий, которые испытывали неотектонические движения положительного знака, но не настолько интенсивные, чтобы уничтожить полностью палеогеновые и неогеновые аллювиальные россыпи; 3) алмазы концентрировались в основном в россыпях следующих генетических типов: а) палеогеновые и неогеновые россыпи высоких террас; б) ложковые россыпи, содержащие в верхней части переотложенный и обогащенный материал высоких террас; в) россыпи четвертичных террас, обогащенные по сравнению с палеогеновыми и неогеновыми; г) русловые россыпи, наиболее обогащенные алмазами за счет многократного переыва аллювия высоких террас.

При поисках погребенных россыпей большое значение приобретают палеогеоморфологические исследования. На Сибирской платформе такие россыпи могут представлять значительный интерес. Например, в Мало-Ботуобинском районе обнаружена рэт-лейасовая погребенная россыпь озерно-пролювиального (?) происхождения,

приуроченная к эрозионно-тектонической депрессии. Россыпь формировалась за счет размыва древней коры выветривания на кимберлитах трубки «Мир» и была позднее погребена под толщей нижнеплейстоценовых осадков [350, 427, 428].

С помощью палеогеоморфологического анализа, применявшегося в сочетании с литолого-фациальными исследованиями при поисках древних россыпей поднятой речной сети, была выяснена история формирования алмазоносных россыпей Среднемархинского района [295]. Кимберлитовые трубки начали здесь размываться в позднем мелу — палеогене, когда на месте современного междуречья Мархи и Тюнга существовала широкая аллювиальная равнина, по которой блуждали неформленные потоки, текущие с севера (рис. 57). Распределение минералов-спутников алмаза (циропа и пикроильменита) в этих отложениях показывает, что они происходят из кимберлитовой трубки (или группы трубок), расположенных в северо-восточной части района. Верхнемеловые — палеогеновые отложения подверглись химическому выветриванию, выразившемуся в их каолинизации и обогащении такими высокоустойчивыми минералами, как ильменит и кианит. Наиболее интенсивное химическое выветривание происходило в среднем олигоцене, когда сформировалась каолиновая кора на междуречьях.

Поднятие территории в олигоцен-миоцене вызвало перестройку речной сети. Сформировалась решетчатая гидросеть северо-западного и северо-восточного направлений, совпадающих с ориентировкой разломов и мелкой тектонической трещиноватостью в осадочных породах палеогена. Останцы верхнемеловой — палеогеновой равнины в результате перестройки речной сети оказались в стороне от нее, на междуречьях. В олигоцен-миоценовое время размывалась западная группа кимберлитовых трубок. В эту эпоху существовали оптимальные условия для формирования россыпей алмазов в связи с предшествующим химическим выветриванием и интенсивным размывом кимберлитовых трубок.

В плиоцене на фоне продолжавшихся поднятий произошла новая перестройка речной сети; последняя сформировалась в очертающих, близких к современным (рис. 58). Алмазы продолжали поступать в россыпи из западной группы кимберлитовых трубок и за счет перемыва более древних отложений палеогена. В это время вследствие дифференцированных тектонических движений часть олигоцен-миоценовых россыпей оказалась поднятой, часть — погребенной под плиоценовыми осадками.

В раннечетвертичное время (в эпоху образования россыпей V террасы р. Мархи) связь с кимберлитовыми трубками была нарушена в результате формирования по древним тектоническим разломам неотектонической Накыно-Орготтохской депрессии (рис. 59). Поступление алмазов в отложения происходило только вследствие перемыва и переотложения более древних осадков. Россыпи V, IV, III, II, I террас и русла формировались за счет перемыва и последовательного обогащения аллювия VI террасы.

При поисках прибрежно-морских россыпей необходимо изучить

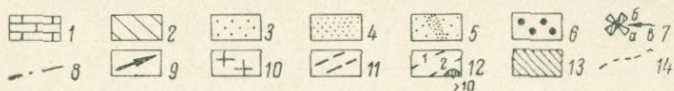
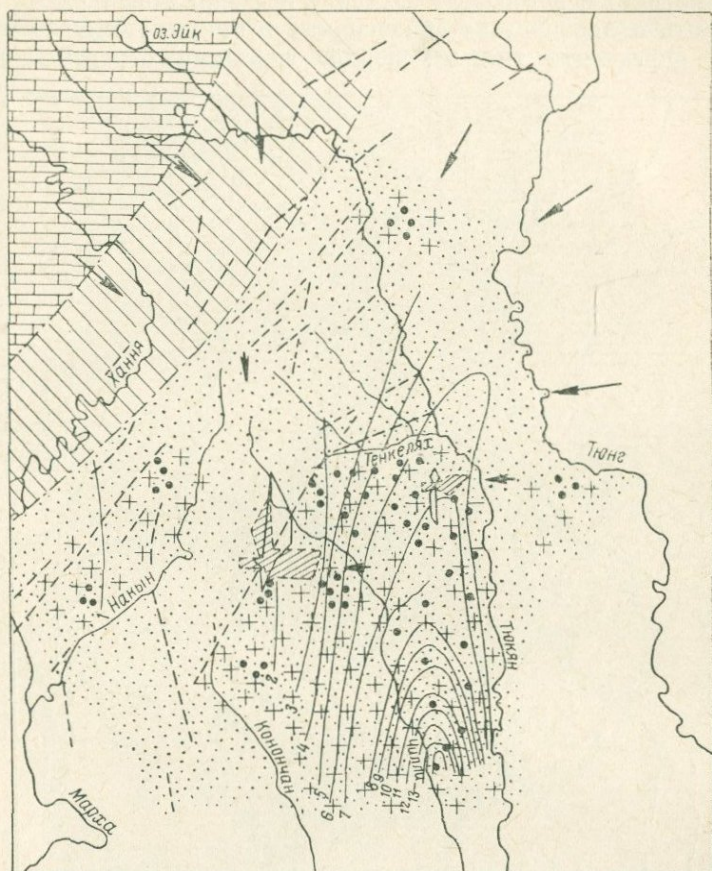


Рис. 57. Палеогеографическая схема позднего мела — палеогена между-речья Мархи и Тюнга, по М. И. Плотниковой и др. [313].

Области преобладающего размыва: 1 — плато на нижнепалеозойских карбонатных породах; 2 — равнина на мезозойских песчано-глинистых отложениях; 3 — водоразделы, сложенные верхнемеловыми — палеогеновыми (рис. 57), верхнемеловыми — палеогеновыми и палеогеновыми (рис. 58), верхнемеловыми — палеогеновыми, палеогеновыми, неогеновыми и плиоцен-нижнечетвертичными (рис. 59) отложениями. Области преобладающей аккумуляции: 4 — озерно-аллювиальная равнина; 5 — речные долины; 6 — галечники; 7 — диаграммы-розы ориентировки галек (а — ось А, б — ось С, в — направление сноса); 8 — границы областей сноса; 9 — основные направления сноса; 10 — наложение процессов корообразования; 11 — основные направления разломов; 12 — изопахиты (проведены через 1 м); 13 — депрессия эрозионно-тектонического происхождения; 14 — область распространения VI террасы р. Мархи.

условия концентрации тяжелых минералов в прибрежной зоне моря. Эти условия в значительной мере определяются динамикой и морфологией морских берегов. Для изучения последних необходимо [55]*: 1) выявить и картировать абразионные и аккумулятивные участки берега, определить тип изменений очертаний береговой линии;

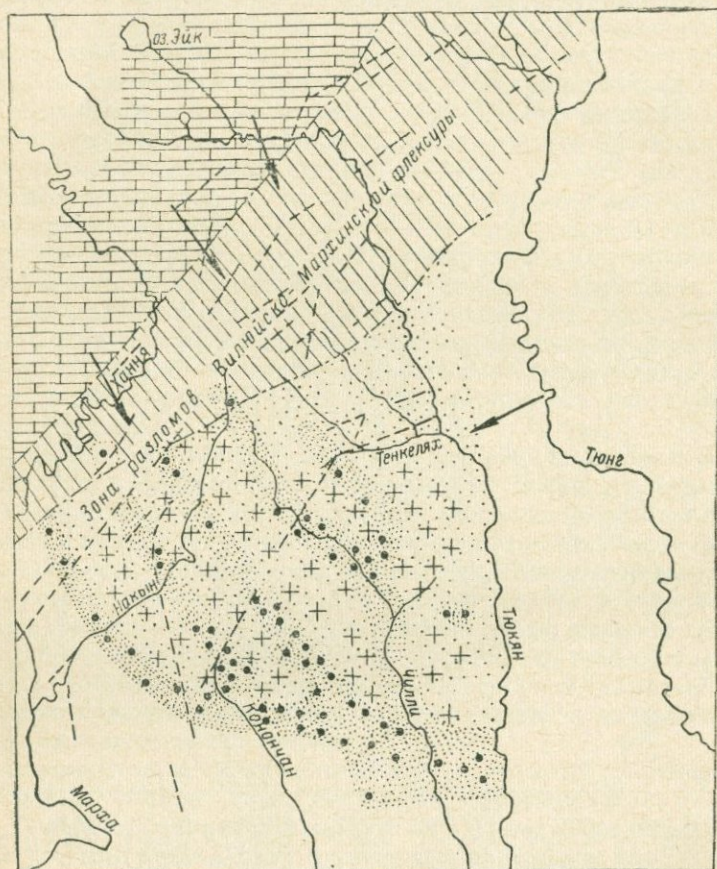


Рис. 58. Палеогеографическая схема неогена междуречья Мархи и Тюнга (см. усл. об. к рис. 57).

2) оценить запасы наносов, выяснить их происхождение, динамику (выяснить, существуют или отсутствуют береговые потоки наносов, их протяженность, направление и источники питания); 3) изучить подводный береговой склон; 4) выяснить направление и темп новейших вертикальных движений исследуемых участков берега.

* Методика исследования морских берегов, описанная В. И. Будановым, может быть применена при выяснении условий строения портов, переработки берегов водохранилищ и при поисках прибрежно-морских россыпей.

В полевых условиях проводится серия исследований: 1) геоморфологическое и геолого-литологическое описание берегов (с характеристикой террас); 2) сбор образцов коренных пород, участвующих в строении берегов, взятие проб пляжевых отложений, осадков подводного берегового склона и аллювия рек, впадающих в море

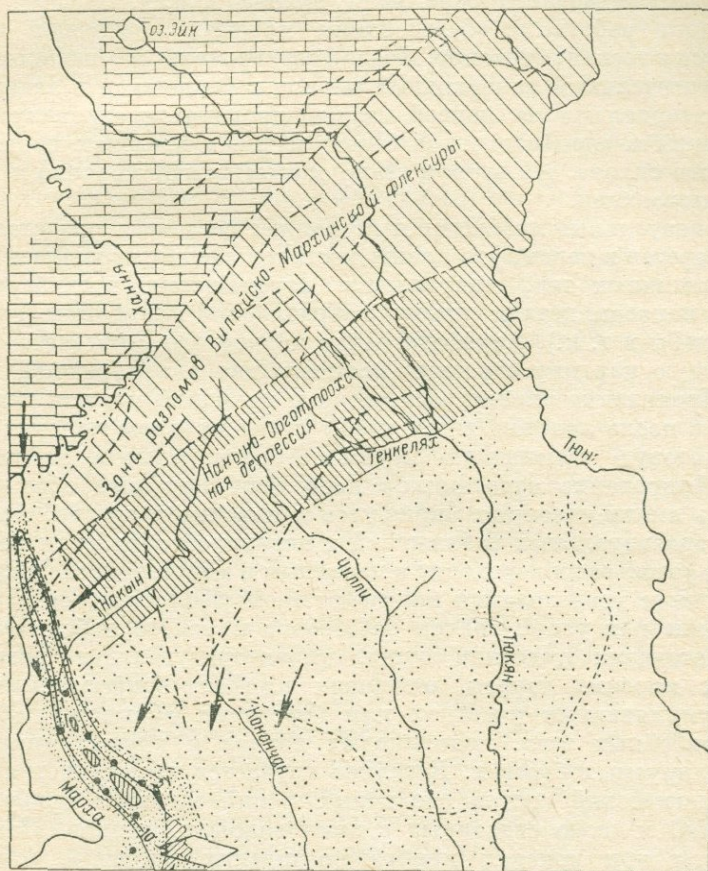


Рис. 59. Палеогеографическая схема раннечетвертичного времени междуречья Мархи и Тюнга (см. усл. об. к рис. 57).

на исследуемых участках берега, для гранулометрического и минералогического анализов, а также определения петрографического состава галек; 3) нивелировки пляжей и других современных аккумулятивных форм (в том числе повторные), сопровождающиеся составлением профилей с указанием состава наносов, глазомерных и полунструментальных планов наиболее характерных аккумулятивных форм — индикаторов динамики берега; 4) составление профилей подводного берегового склона с указанием точек промеров, взятия проб и состава донных осадков; 5) описание строения подводного

берегового склона на основании материала профилей и водолазных исследований; 6) составление карт грунтов подводного берегового склона с нанесением основных геоморфологических элементов берега (пляжи, клифы, береговые валы, дюны и т. п.); 7) фотосъемка наземных панорам берега, перспективные снимки, сделанные с самолета, фотографии подводного берегового склона и т. д.

Полевые работы по обследованию морских побережий осуществляются в несколько этапов. После предварительного ознакомления в подготовительный камеральный период с фондовыми и литературными материалами на первой стадии проводятся аэровизуальные наблюдения и аэрофотосъемка берега и дна в пределах подводного берегового склона. На втором этапе осуществляют морские и наземные исследования.

Аэровизуальные наблюдения позволяют составить представление о типе берегов в целом, установить местоположение, строение и форму аккумулятивных тел, направление перемещения вдольбереговых потоков наносов, детали строения абразионной платформы (границы benches, рифы и т. п.). Аэрофотосъемка подводного берегового склона дает общую картину строения морского дна в прибрежной полосе моря. Проявление пленки, отпечатки и накидной монтаж делаются сразу же после полетов, с тем чтобы перед началом морских работ иметь готовую контактную печать. Аэровизуальные наблюдения и дешифрирование аэроснимков позволяют наиболее обоснованно наметить линии наземных маршрутов и морских разрезов. По окончании аэровизуальных наблюдений и первичной обработки материалов аэрофотосъемки переходят к наземным и морским исследованиям.

Наземные исследования включают геоморфологическое изучение и описание как узкой полосы собственно морского побережья, так и прилегающих участков суши, характеризующихся развитием древних морских террас, отмерших клифов, закрепленных дюн на аккумулятивных участках или береговых обрывов, карнизов, волноприбойных ниш, исполиновых котлов и других микроформ на абрадируемых берегах. Детально изучается гранулометрический и литологический состав различных фаций морских прибрежных отложений и тесно связанных с ними эоловых осадков. Наземные маршруты при поисках прибрежно-морских россыпей осуществляются как в поперечном к береговой линии направлении, так и в продольном. Отдельные скульптурные и аккумулятивные формы рельефа, обязанные своим возникновением деятельности моря, также тщательно описываются, наносятся на карту, зарисовываются и фотографируются, как это делается при общих геоморфологических исследованиях.

Основной метод при поисках прибрежно-морских россыпей — изучение гранулометрического, литологического и минералогического состава осадков, что осуществляется с помощью проходки копуш и расчисток, а также посредством взятия проб грунтовыми трубками, в частности вибропоршневой трубкой Кудинова. Эти работы позволяют установить строение и состав аккумулятивных форм, свойственных морским побережьям: пляжей, террас, кос, пересыпей

и т. п., и выявить среди них участки, содержащие естественные концентраты тяжелых минералов.

Кроме того, изучается состав руслового аллювия рек, владающих на данном участке побережья, на некотором расстоянии от устья, где уже не сказывается влияние морских отложений (гранулометрический и петрографический состав галек, минералогический состав тяжелых фракций). Наконец, исследуется состав коренных пород, участвующих в геологическом строении морского побережья для выяснения источников сноса материала, слагающего прибрежные отложения.

При морских работах проводятся морские разрезы и водолазные обследования. Морской разрез представляет галс от берега по нормали к общему направлению береговой линии. При небольшой длине разреза это делают с помощью шлюпки, при значительной — с помощью катера или тралбота. По всему разрезу делаются промеры глубин и берутся пробы грунта вибропоршневой трубкой Кудинова, которая может брать пробы грунта как на суше, так и в море до глубины 100 м. Длина колонки осадков, доставаемой с ее помощью, достигает 5 м [213, 274].

Пробы на гранулометрический и минералогический анализ берут обычно с определенных глубин для лучшей сравнимости данных по отдельным разрезам. Если подводный береговой склон осложнен береговыми валами, то образцы берут в центрах понижений, между ними и на вершинах валов. При взятии проб сразу проводится их визуальное описание. Места взятия проб и промеров глубин засекают вблизи берега теодолитом, а с удалением на расстояние порядка 800—1000 м — секстантом по трем точкам на берегу, положение которых известно. Параллельно со взятием проб вибропоршневой трубкой водолаз с легководолазным оборудованием обследует морское дно и фотографирует его.

Данные полевых наблюдений в совокупности с результатами лабораторной обработки всех собранных материалов дают возможность восстановить динамику и морфологию данного участка морского берега, выяснить направление вдольбереговых потоков наносов и установить места концентрации тяжелой фракции. Распределение последней обусловлено процессами грануло-минералогической дифференциации обломочного материала под воздействием волнения. Чем больше время дифференциации обломочного материала, тем совершеннее степень его сортировки и тем благоприятнее условия для образования зон, обогащенных полезными минералами [277].

По распределению тяжелой фракции в поперечном профиле пляжа и подводного склона различают следующие зоны: 1) пляжевую с максимальным содержанием тяжелой фракции вследствие интенсивной прибойной деятельности, обуславливающей естественное шлихование; 2) прирезовую часть и самые малые глубины, где еще сказывается прибойная деятельность и в ряде случаев происходят процессы естественного шлихования; 3) основную часть зоны шельфа с низкими средними содержаниями тяжелых минералов и отсутствием естественного шлихования [24].

Наиболее интенсивно процессы гранулометрической дифференциации протекают в прибойной полосе («зоне заплеска»), формируя здесь темные пятна концентратов тяжелых минералов площадью 1—2 м² и мощностью 1—2 мм [275, 276]. Концентрация тяжелых минералов наблюдается в верхней части зоны заплеска, а в местах перегиба профиля зоны или у подножия уступа, образовавшегося

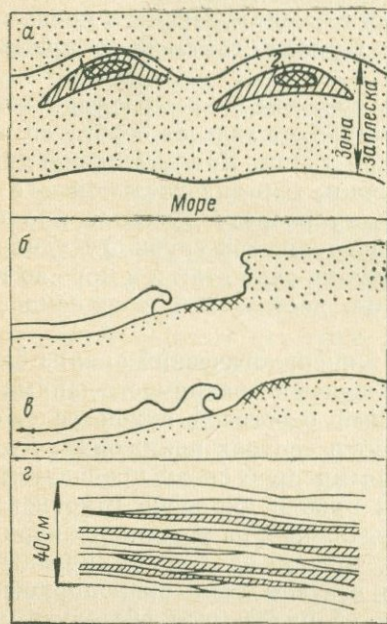


Рис. 60. Различные случаи образования концентратов в пляжной зоне, по Е. Н. Невескому [275].

а — образование шлиха в зоне заплеска; б, в — различные случаи образования концентратов в прибойной полосе пляжа; г — косая слоистость пляжных песков (заштрихован концентрат тяжелых минералов).

Содержание металла в россыпи: 1 — среднее, 2 — высокое.

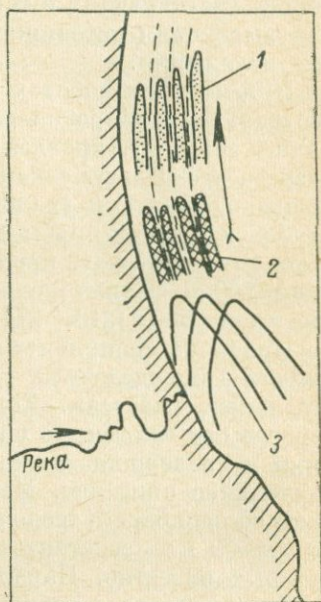


Рис. 61. Общая схема минералогической дифференциации прибрежных песков вдоль берега, по Е. Н. Невескому.

1 — зона недостаточной механической дифференциации, 2 — зона активной механической дифференциации, перерастающей в минералогическую (оставание части особенно тяжелых минералов); 3 — зона дальнейшего развития механической и минералогической дифференциации. Стрелкой указано общее направление перемещения наносов вдоль берега.

при подмыве старого песчаного берегового вала, — обогащение ими. В самом устье чередуются отдельные слойки и удлиненные линзочки песков, обогащенные тяжелой фракцией (рис. 60).

Грануло-минералогическая дифференциация происходит также на подводном склоне. Максимальное содержание тяжелой фракции наблюдается здесь в зоне мелкозернистых донных песков и алевритов [286].

В зависимости от глубины меняется и состав тяжелых минералов. Так, например, в прибрежных осадках Западного Каспия на глуби-

нах 2—4 м наблюдаются главным образом скопления минералов с более высоким удельным весом и с более округлой формой зерен (циркона, граната, рутила и др.). На глубине 15—18 м число их сокращается, но повышается содержание более легких минералов пластинчатой формы (мусковит, серицит, хлорит). Такое распределение минералов наблюдается при простой форме поперечного профиля подводного склона. Если на нем имеются береговые валы, то их вершины обогащаются тяжелой фракцией. Концентрация тяжелых минералов наблюдается также на гребнях знаков ряби.

В потоках вдольбереговых наносов обособляются параллельные берегу продольные зоны, в которых по достижении ими определенного гранулометрического состава и степени сортировки начинается минералогическая дифференциация. При этом более легкие минеральные зерна уносятся вперед, минеральные зерна с большой плотностью отстают в своем движении. Оптимальные условия для концентрации тяжелых минералов создаются на определенном расстоянии от места поступления исходного материала в прибрежную часть моря (рис. 61). Однако эта идеальная схема грануло-минералогической дифференциации при вдольбереговом перемещении наносов нарушается целым рядом факторов: изменением контура береговой линии и рельефа подводного склона, впадением рек и т. д.

Для образования богатых прибрежных россыпей из отдельных прослоек, линз, пятен концентратов необходимо, чтобы процессы концентрации происходили в течение достаточно длительного времени. Е. Н. Невесский [275], в противоположность распространенному мнению о том, что богатые прибрежно-морские россыпи могут возникать только при регрессии моря, считает, что они формируются при регрессии, трансгрессии и стабильном уровне воды. Различия заключаются лишь в деталях процесса. При трансгрессии моря пляж нарастает за счет приращения ряда береговых валов, имеющих все большую высоту; в зоне заплеска и в продольной зоне донных тонкозернистых песков образуются пласты, обогащенные шлихом и наклоненные от моря к суше. При регрессии наиболее молодые валы являются самыми низкими; в связи с этим пласт, обогащенный шлихом, в зоне прибоя осадков приобретает наклон к морю, пласт же мелкозернистого донного песка не образуется совсем вследствие активной абразии морского дна. При стабильном уровне моря образуются два горизонтальных пласта, обогащенных шлихом осадков: в зоне прибоя и в зоне мелкозернистых донных песков (рис. 62).

Значительные концентрации тяжелых минералов могут возникать также на оконечностях кос [42, 154, 276] и на участках берега, где тормозится вдольбереговое перемещение наносов, например, на вогнутостях берега.

Знание закономерностей концентрации тяжелых минералов, теснейшим образом связанных с динамикой и морфологией морских берегов, предопределяет высокую эффективность применения геоморфологических (и палеогеоморфологических) методов исследований при поисках современных и древних прибрежно-морских россыпей. Так, например, с помощью геоморфологических исследований

на Латвийском побережье Балтийского моря установлены естественные концентраты тяжелых минералов (амфиболов, магнетита, ильменита, граната) в песках современного пляжа, литориновых аккумулятивных террасах и осыпях [237, 421]. В современных пляжевых

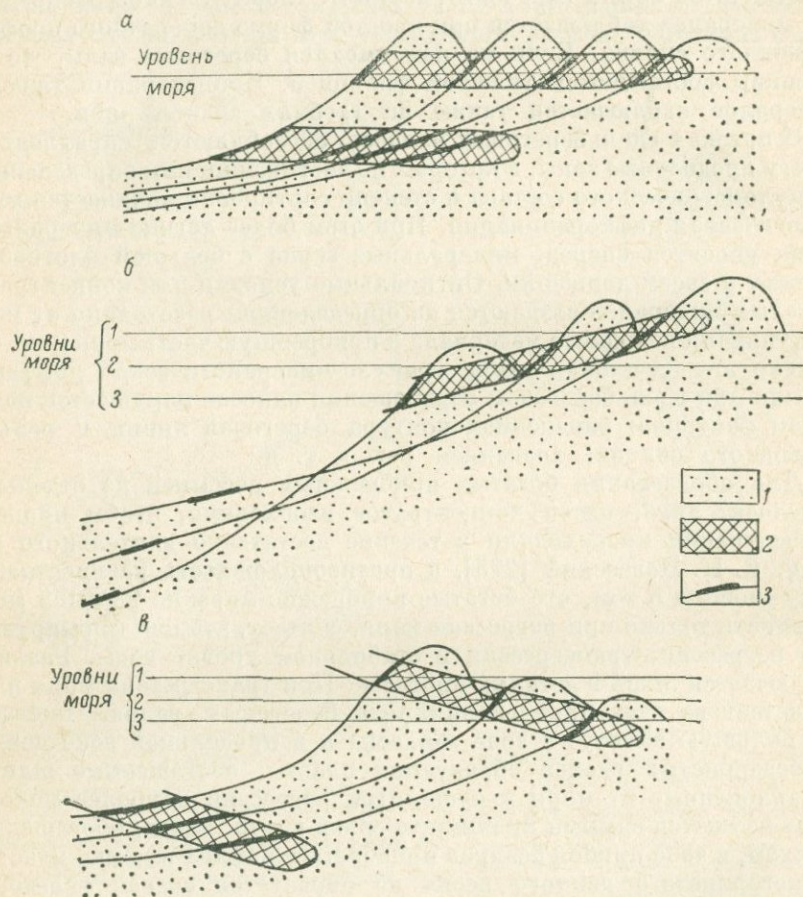


Рис. 62. Образование прибрежной россыпи в случае роста аккумулятивного тела, по Е. Н. Невескому.

а — при стабильном уровне моря, *б* — при понижающемся, *в* — при повышающемся. 1 — песок; 2 — пласт концентратов тяжелых минералов в россыпи; 3 — пропластки концентратов, образующиеся при каждом изменении уровня моря.

отложениях наиболее обогащены тяжелыми минералами гравийно-галечные пески на стабильных или слабо абрадируемых участках берега, приуроченных к подножию невысоких уступов, сложенных отложениями поздние- и послеледниковых бассейнов, под которыми местами обнажается морена.

Меньшие содержания наблюдаются на пляжах, приуроченных к аккумулятивным участкам берега, где они сложены хорошо сорти-

рованными тонкозернистыми песками. В литориновых террасах концентраты в виде тонких линзовидных прослоев залегают в горизонте пляжевых песков, подстилающих береговые валы, на глубине 1,5—2,5 м от поверхности. В плане они приурочены к средней или внутренней части террас и, по мнению В. Ульста, образованы в приурезовой полосе подводного склона и пляжа во время начальной стадии роста аккумулятивных тел. Кроме того, тяжелые минералы концентрируются в нижней части осыпей береговых обрывов, сложенных литориновыми песками. Исходным материалом для образования россыпей служили морские пески поздне- и послеледниковых бассейнов, являющиеся продуктом перемива моренных и флювиогляциальных отложений.

С помощью геоморфологических исследований при поисках и расшифровке генезиса древних прибрежно-морских россыпей была изучена также верхнеюрская алмазоносная россыпь Приленского района Западной Якутии [4, 295, 33]5. Россыпь заключена в мало-мощном (0,3—0,8 м) слое мелкогалечного конгломерата или гравелита, простирающемся в меридиональном направлении на расстояние около 300 км и перекрытом толщей алевритов. Тяжелые минералы представлены во фракции меньше 0,5 мм преимущественно ильменитом, альмандином, цирконом с небольшой примесью пироба и пикроильменита, во фракциях 0,5—4 мм — главным образом пикроильменитом, пиропом и хромшпинелидом. Алмаз встречается в очень небольшом количестве.

В окоинтурировании россыпи большую роль сыграло дешифрирование аэрофотоснимков, на которых конгломераты выделяются в виде уступа. Конгломераты, выходы которых прослежены всюду на высотных отметках около 140 м, принадлежат к осадкам так называемого фосфатного шельфа, на что указывает высокое содержание в них фосфата и глауконита. На междуречьях на абсолютных высотах около 190 м к западу от современной границы распространения конгломератов обнаружены следы пляжевых отложений в виде отдельных хорошо окатанных галек и единичных крупных зерен минералов-спутников алмаза в почвенном слое на поверхности среднеюрских песков и алевритов, а также в форме значительных концентраций этих минералов в руслах верховьев современных левых притоков р. Лены. Разница в отметках шельфа и пляжа дает возможность грубо судить о крутизне подводного берегового склона, составляющей от 0,018 до 0,008, что показывает на принадлежность берегов к отмелым.

Изменение содержания тяжелой фракции вдоль береговой линии позднеюрского моря показывает, что основным направлением берегового потока наносов было южное, об этом же говорит уменьшение к югу средних весов зерен минералов-спутников алмаза. Этот поток наносов, прослеженный на расстояние около 80 км, показывает, что волновая равнодействующая была направлена под острым углом к берегу (с северо-востока на юго-запад). Таким же, по-видимому, было и преобладающее направление ветров. К северу от участка максимальных концентраций тяжелых минералов в береговой зоне

средние веса и содержание пиропа и пикроильменита очень быстро падают, что говорит о существовании здесь еще одного берегового потока наносов небольшой протяженности. На отрезке, где расходились потоки наносов, видимо, располагалась дельта древней реки, выносившая продукты размыва расположенной невдалеке кимберлитовой трубки (о чем свидетельствуют крупные размеры зерен кварца, пикроильменита и хромшпинелида).

Нефть и газ

Использование геоморфологических методов при поисках нефти и газа основывается на совершенно определенном и закономерном структурно-тектоническом положении их месторождений (в пределах платформ и краевых прогибов большая часть их приурочена к положительным локальным структурам типа валов, куполов, антиклинальных складок). Кроме того, значительная часть нефтегазоносных структур находит отражение в современном рельефе как в пассивной форме (через избирательную денудацию литологически разнородных слоев пород, принимающих участие в строении той или иной структуры), так и (главным образом) в активной благодаря неотектоническим движениям [260].

Между антиклинальными структурами типа валов и куполов и рельефом (на примере Русской платформенной равнины) установлены 3 типа соотношений: прямые, когда своду структурного поднятия отвечает повышение рельефа (Тарханкутский вал, Северо-Ставропольское поднятие); обратные, при которых своду поднятия соответствует понижение рельефа (Суханский вал, Калужское поднятие) и переходные. Среди последних наблюдаются более близкие к прямым (Туймазинская структура) и более близкие к обратным (структуры в нижнем течении р. Камы) [258, 263].

В ряде нефтеносных районов установлена выраженность в рельефе локальных структур типа валов, куполов, брахиантиклинальных складок. Поэтому геоморфологические исследования в комплексе геолого-геофизических поисковых работ на нефть и газ приобрели большое значение. Они позволяют в минимальный срок со сравнительно небольшими затратами предварительно оценить территорию с точки зрения перспектив выявления локальных структур. Эти исследования предшествуют более громоздким и дорогостоящим геофизическим и буровым работам, тем самым сокращая сроки прохождения последних и удешевляя их.

Вначале геоморфологические исследования сводились к оценке степени и характера выраженности в рельефе известных локальных нефтегазоносных структур [317]. Накопившийся в процессе исследований опыт позволил перейти к самостоятельным поискам локальных структур с помощью геоморфологических методов. В различных районах Западно-Сибирской низменности в 1956—1958 гг. выявлено 46 локальных тектонических структур II и III порядков. Из них 18 подтверждено, в том числе 9 — сейсморазведкой [455]. Таким образом, сложилось новое направление, получившее название структурно-геоморфологического.

Методы структурно-геоморфологических исследований нефтегазонасыщенных районов включают анализ аэрофотоматериалов и топографических карт, с одной стороны, и полевые структурно-геоморфологические работы, с другой. Камеральное дешифрирование материалов проводится в два этапа. На первом этапе анализируются аэрофотоснимки по всей территории исследований для ознакомления с общими чертами рельефа района и выделения участков, перспективных на поиски локальных структур. На втором этапе детально дешифрируется контактная печать на участках, выделенных в качестве наиболее интересных [159].

В разных климатических зонах выраженность в рельефе (а следовательно, и на аэрофотоснимках) локальных структур различна. В аридной и семиаридной зонах антиклинальные структуры (особенно открытые или полуоткрытые) непосредственно видны на аэрофотоснимках благодаря отсутствию растительного покрова и резкой смене слоев, характеризующихся разнородным литологическим составом. Закрытые растущие антиклинальные складки могут быть выявлены по конфигурации сухих долин, которые либо огибают структуру, либо располагаются радиально. В условиях гумидного субарктического климата и мощного покрова четвертичных отложений погребенные нефтегазонасыщенные структуры получают косвенное отражение в рельефе в результате неотектонических движений. Так, например, в Западно-Сибирской низменности погребенные структуры, испытывающие неотектонические поднятия, находят отражение в спрямлении русел рек, в интенсивной болотной солифлюкции (на аэрофотоснимках — в виде закономерной ориентировки грядово-мочажинного микрорельефа болот), в деградации озер, в наличии речных перехватов. В областях, испытывающих новейшие опускания, напротив, наблюдаются интенсивное меандрирование русел рек, трансгрессия болот [159].

Анализ аэрофотоснимков дает возможность выявить локальные структуры не только на суше, но и на дне моря [460, 461].

Данные, полученные в результате дешифрирования аэрофотоснимков, наносятся на топокарту для того, чтобы еще до выезда в поле получить предварительное представление о расположении локальных структур. Так, например, дешифрирование на аэрофотоснимках (с последующей проверкой в поле) явлений заболоченности одного из районов центральной части Западно-Сибирской низменности (анализ распределения болот, озер, направления болотной солифлюкции и т. п.) позволило выделить серию локальных поднятий (рис. 63).

Один из видов структурно-геоморфологического анализа закрытых территорий для выявления нефтегазонасыщенных структур — метод изучения мегатрещиноватости, разработанный И. Г. Гольбрайхом, В. В. Забадуевым и Г. Р. Миркиным. Он заключается в выявлении структур с помощью анализа линейных элементов рельефа на аэрофотоснимках. Путем анализа мегатрещиноватости авторами составлена очень интересная структурная схема Сибирской платформы.

Изучение топографической основы, или так называемый морфометрический анализ, заключается в использовании топографических карт для составления гипсометрических карт, карт густоты и глубины расчленения рельефа, характера продольных профилей рек, вычисления коэффициентов извилистости рек и т. д. Анализ гипсометрической карты дает представление о распределении абсолютных высот и уклонах поверхности современного рельефа.

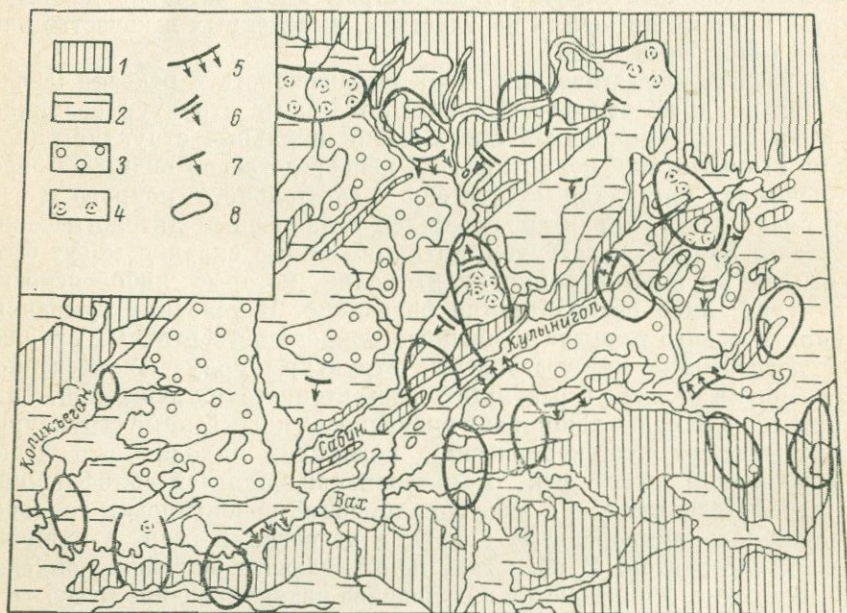


Рис. 63. Схема заболоченности восточного района центральной части Западно-Сибирской низменности, по Л. К. Зятковой.

Районы: 1 — преимущественно сухих водоразделов, 2 — значительной заболоченности, 3 — сплошной заболоченности, 4 — реликтовых озер; 5 — участки болотных трансгрессий; 6 — участки интенсивного падения болот; 7 — общее направление течения грунта; 8 — районы локальных поднятий, выявленных по геолого-геоморфологическим признакам.

Рисунок речной сети часто указывает на характер тектонического строения территории. Радиальный и центростремительный рисунок может свидетельствовать соответственно о наличии антиклинальной или синклинальной структуры. Существование прямолинейных крупных отрезков рек и закономерное параллельное расположение мелких притоков обычно связаны с разрывной тектоникой, а также мелкой тектонической или диагенетической трещиноватостью горных пород. Последнее при благоприятном литологическом составе пород может указывать на их коллекторские свойства.

Очень большую роль для расшифровки характера неотектонических движений играет анализ продольных профилей рек. Выделение на продольных профилях участков с повышенными уклонами с последующим изображением их на карте дает возможность устано-

вить зоны повышенных падений рек; это, в свою очередь, позволяет оконтурить участки локальных поднятий. Затем карты зон повышенных падений сопоставляются с результатами полевых геолого-геоморфологических исследований (рис. 64).

Своеобразный морфометрический метод поисков тектонических структур разработан В. П. Филосовым [434]. Он заключается

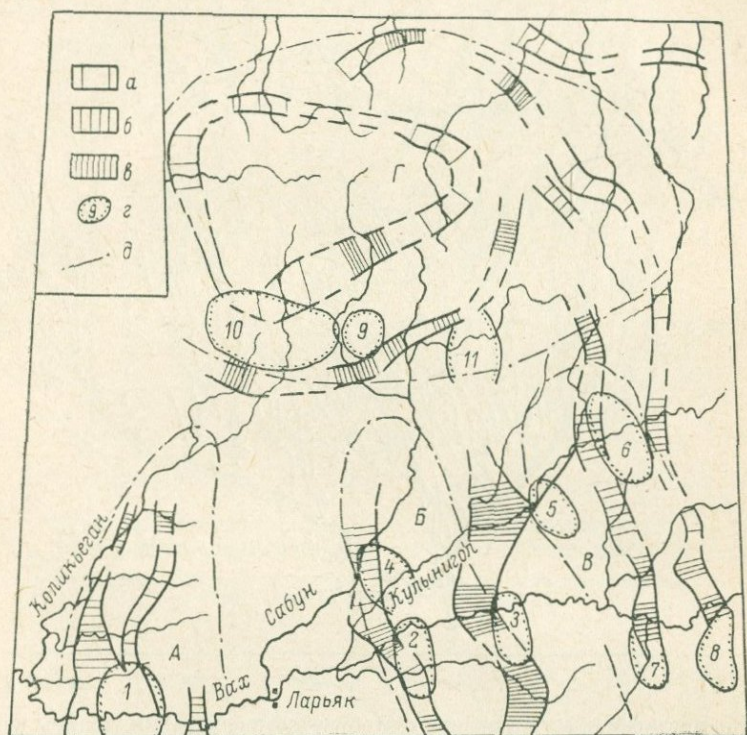


Рис. 64. Схема расположения зон повышенного падения рек восточного района центральной части Западно-Сибирской низменности, по Л. К. Зятковой.

Зоны с повышенным падением: а — менее чем в 1,5 раза, б — в 1,5—2 раза, в — более чем в 2 раза; г — районы локальных поднятий (1 — Охтеурьенское, 2 — Ромкинское, 3 — Комтуновское, 4 — Нижнесабунское, 5 — Кульни-Игольское, 6 — Красносеверское, 7 — Камсское, 8 — Ассесское, 9 — Сарм-Сабунское, 10 — Пурумское, 11 — Верхне-сабунское); д — контуры структур второго порядка (А — Александровская, Б — Каджитско-Сабунская, В — Камсесско-Красносеверская, Г — Тазовская зона поднятий).

в графическом разложении на составные части рельефа, изображенного на топографических картах крупного масштаба (1 : 50 000; 1 : 25 000), с их последующей геолого-геоморфологической интерпретацией. В процессе морфометрического анализа составляется ряд специальных карт: 1) порядков долин, 2) асимметрии долин и между-речий, 3) базисных поверхностей, 4) тектонического рельефа, 5) вершинной поверхности.

Для составления карты порядков долин, служащей основой для прочих, на топооснове поднимают тушью все реки, в том числе и

пересыхающие. Порядок долин, проставляемый цифрами, определяется следующим образом: к 1-му порядку относят долины, не принимающие ни одного притока, ко 2-му порядку — возникающие при слиянии долин 1-го порядка и т. д. Карта порядков долин (в совокупности с их формой) позволяет судить о тектонике района. В условиях новейших тектонических поднятий наблюдается быстрый переход

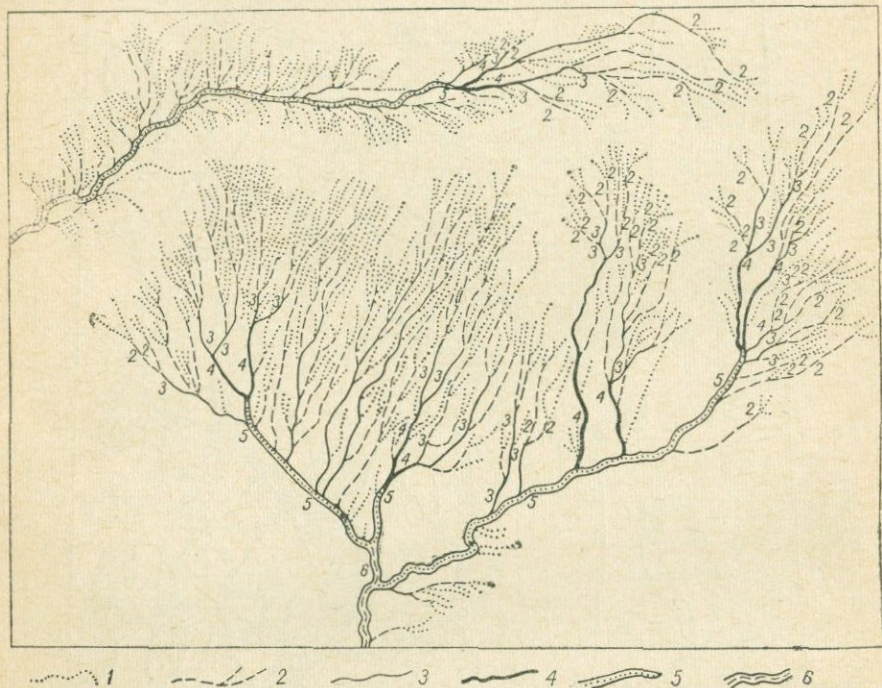


Рис. 65. Эрозионная сеть в районе тектонического опускания (долины нанесены по аэрофотоснимкам), по В. П. Философову.

1 — ложбины стока; балки: 2 — 2-го порядка, 3 — 3-го порядка, 4 — 4-го порядка, 5 — 5-го порядка; 6 — долины 6-го порядка.

низких порядков долин в высокие, при опусканиях нарастание порядков долин происходит медленно (рис. 65).

Для составления карт асимметрии рельефа на топографическую основу наносятся асимметричные участки речных долин и водоразделов. Асимметрия может быть связана с асимметричным строением валов, флексур или антиклинальных складок, с моноклинальным залеганием пород или различной экспозицией склонов и т. д.

При составлении карт базисной поверхности на топосовую наносят тальвеги всех долин и подписывают абсолютные отметки уреза воды в реках (с учетом пересечения горизонталями речных русел). Одинаковые отметки соединяются изолиниями — изобазитами. Такие карты составляются соответственно для долин 2-го, 3-го и высших порядков (кроме 1-го). Карты базисных поверхностей,

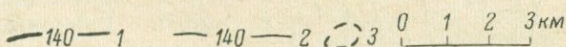
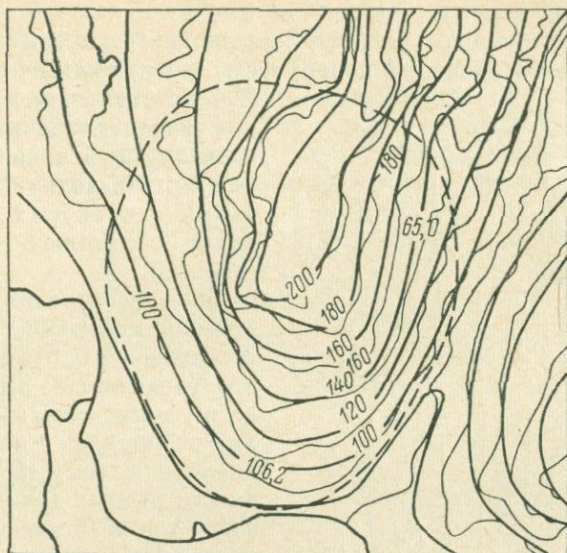
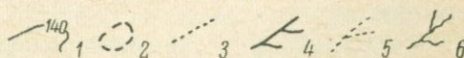
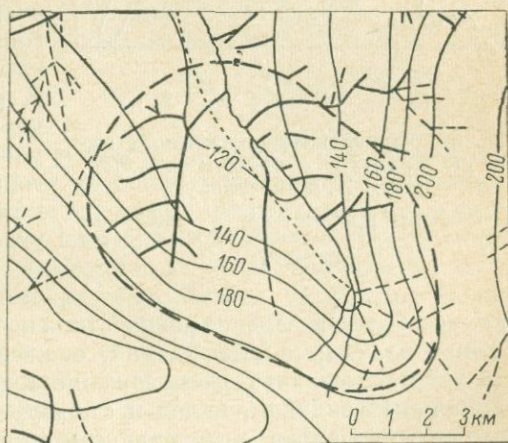


Рис. 66. Рисунок изобазит в пределах тектонического поднятия (прямой рельеф), по В. П. Философому.

1 — горизонтали и их высоты; 2 — изобазиты и их высоты; 3 — контур свода антиклинальной складки.

Рис. 67. Рисунок изобазит в пределах тектонического поднятия (обращенный рельеф), по В. П. Философому.

1 — изобазиты и их высоты; 2 — контур свода антиклинальной складки; 3 — высокий крутой берег долины; 4 — овраги; 5 — балки; 6 — реки.



по мнению В. П. Философова, показывают характер новейших движений в районе и позволяют судить о наличии тех или иных тектонических структур (рис. 66, 67).

Карта остаточного рельефа составляется путем вычисления разницы отметок базисной поверхности и гипсометрической карты.

Для этого совмещают на одной карте изобазиты и горизонтали, а в точках пересечения производят вычитание. Точки одинаковых остаточных высот соединяют изолиниями (рис. 68).

Для построения карты вершинной поверхности на топографической карте вычерчивают водораздельные линии между всеми долинами; затем определяют порядок водоразделов, аналогично тому, как это делается для речных долин. Подписывают точки пересечения горизонталей с водораздельными линиями. Равновысотные точки соединяют изогипсобазитами. Сгущение изогипсобазит указывает на области развития тектонических поднятий, разрежение — на области опусканий.

Карты сноса составляют посредством вычитания отметок горизонталей из высот изолиний вершинной поверхности. В результате оконтуриваются участки, в пределах которых удален определенный объем горных пород за время формирования рассматриваемого участка.

Геологическая интерпретация данных морфометрического анализа более или менее разработана пока только для хорошо расчлененных платформенных равнин, сложенных осадочными породами, где удастся выявить расположение куполообразных и брахиантиклинальных складок, валов и флексур, направление моноклиального падения слоев, интенсивность и знак новейших тектонических движений.

Сопоставление расположения локальных структур, выявленных с помощью интерпретации данных морфометрического анализа в пределах Волго-Уральской нефтеносной области, с данными гео-

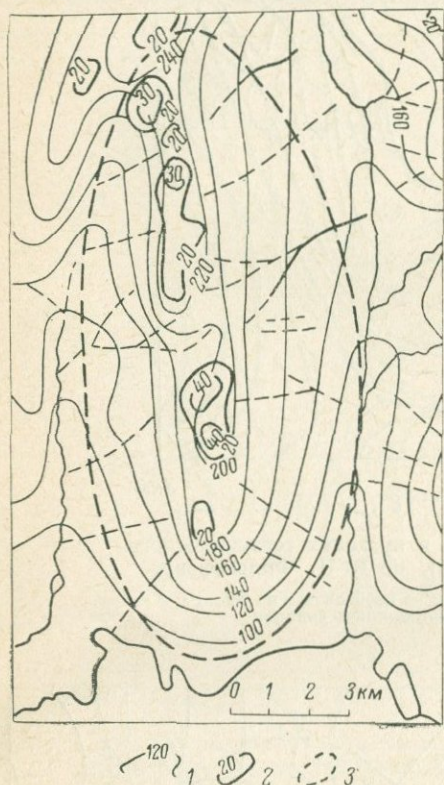


Рис. 68. Расположение остаточных высот на структуре с прямым рельефом, по В. П. Философову.

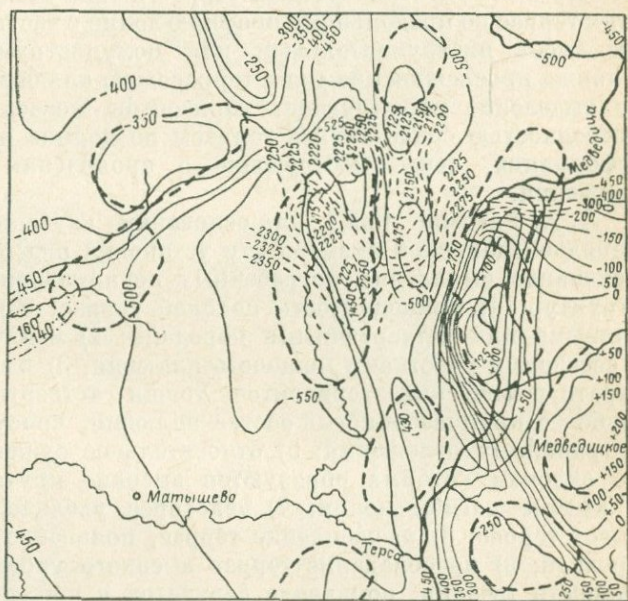
1 — изобазиты и их отметки; 2 — остаточные высоты; 3 — контуры свода антиклинальной складки.

физических и буровых работ показывает в ряде случаев полное или частичное совпадение (рис. 69).

Однако следует предостеречь против чрезмерного увлечения морфометрическим анализом по методу В. П. Философова, являющемуся чисто камеральным, к тому же слабо обоснованным теоретически. Основу геоморфологических исследований при поисках месторождений нефти и газа должны составлять полевые структурно-геоморфологические исследования. При этом необходимо выяснить роль эндогенного фактора (особенно неотектонических движений)

Рис. 69. Карта сопоставления локальных брахантиклинальных структур, выявленных бурением, сейсмической разведкой и морфометрическим методом, по В. П. Философову.

Изогипсы: 1 — по подошве губкового горизонта сантона, 2 — по кровле палеозоя, 3 — предположительно по кровле нижнецигровского горизонта (по данным сейсморазведки 1956 г.); 4 — контуры локальных брахантиклинальных структур, предполагаемых по морфометрическим данным (1954 г.).



в формировании современного рельефа. С этой точки зрения наибольшего интереса заслуживает изучение поверхностей выравнивания и их деформаций, изучение «спектров» речных террас и анализ фаций и мощностей аллювиальных свит [259].

Под поверхностями выравнивания Ю. А. Мещеряков понимает одновозрастные полигенетические поверхности, сформировавшиеся за счет деятельности нескольких агентов. Каждая поверхность включает участки древних денудационных равнин типа пенепленов (или педиленов), древние равнины, сформированные континентальной аккумуляцией (аллювиальные, дельтовые), абразионные платформы и морские аккумулятивные равнины [261].

В пределах юго-востока Русской равнины выделяются четыре полигенетические поверхности выравнивания: верхнеплиоценовая, верхнемиоцен-нижнеплиоценовая, палеогеновая и мезозойская. Современные изогипсы этих поверхностей позволяют количественно

оценить их деформации неотектоническими движениями и выявить неотектонические структуры крупного плана. В качестве примера количественной оценки деформаций полигенетической поверхности выравнивания можно привести схему строения палеогеновой поверхности выравнивания юго-востока Русской равнины (рис. 70). На схеме хорошо выделяются Прикаспийская впадина, к которой приурочены участки морских аккумулятивных равнин, поднятия по ее краям и поднятия в пределах Высокого Заволжья и Общего Сырта.

Изучение спектров речных террас подразумевает прослеживание этих террас по продольному профилю долин с частыми определениями их высот инструментальным или полуинструментальным путем, а также прослеживание толщ террасового аллювия с особым упором на выделение маркирующих горизонтов, позволяющих с большей уверенностью сопоставлять террасы по долине и устанавливать их деформации, свидетельствующие о проявлении неотектонических движений.

Л. А. Рагозин [338] на основании изучения речных террас Западно-Сибирской низменности установил ряд геоморфологических признаков выявления погребенных поднимающихся тектонических структур: 1) приподнятость цоколей террас, сложенных дочетвертичными или четвертичными породами; 2) меньшая по сравнению с соседними участками мощность аллювия; 3) выпадение отдельных стратиграфических горизонтов толщи четвертичных отложений; 4) более крупнозернистый состав аллювия, присутствие галечников и гравийных отложений; 5) относительное сужение речных долин, по склонам которых образуются высокие крутые яры; 6) резкие и крутые изгибы долин; 7) некоторое увеличение относительных высот террас; 8) расщепление террас, появление новых террасовых уровней; 9) преобладание террас высокого уровня; 10) увеличение скорости течения, появление перекатов и шивер; 11) сравнительно слабое меандрирование. Неотектонические погружения погребенных структур проявляются в противоположных геоморфологических признаках: опущенных цоколях террас, увеличении мощности аллювия и т. п.

Анализ фаций и мощностей аллювиальных осадков, особенно пойменных, также позволяет судить о проявлении неотектонических движений. Наличие эрозийных пойм с цоколем дочетвертичных пород и малая мощность аллювиальных осадков свидетельствуют о неотектонических поднятиях территории. Распространение аккумулятивных пойм с высоким положением контакта отложений русловой и пойменной фации (выше 0,3 м над меженным уровнем) и с залеганием этого контакта близ меженного уровня также указывает на неотектонические поднятия, хотя и меньшей амплитуды, чем в случае эрозийных пойм. Присутствие аккумулятивных пойм с залеганием контакта русловых и пойменных отложений ниже уровня воды свойственно районам новейших опусканий [259].

Весьма чутким индикатором новейших тектонических движений является гранулометрический состав руслового, пойменного и

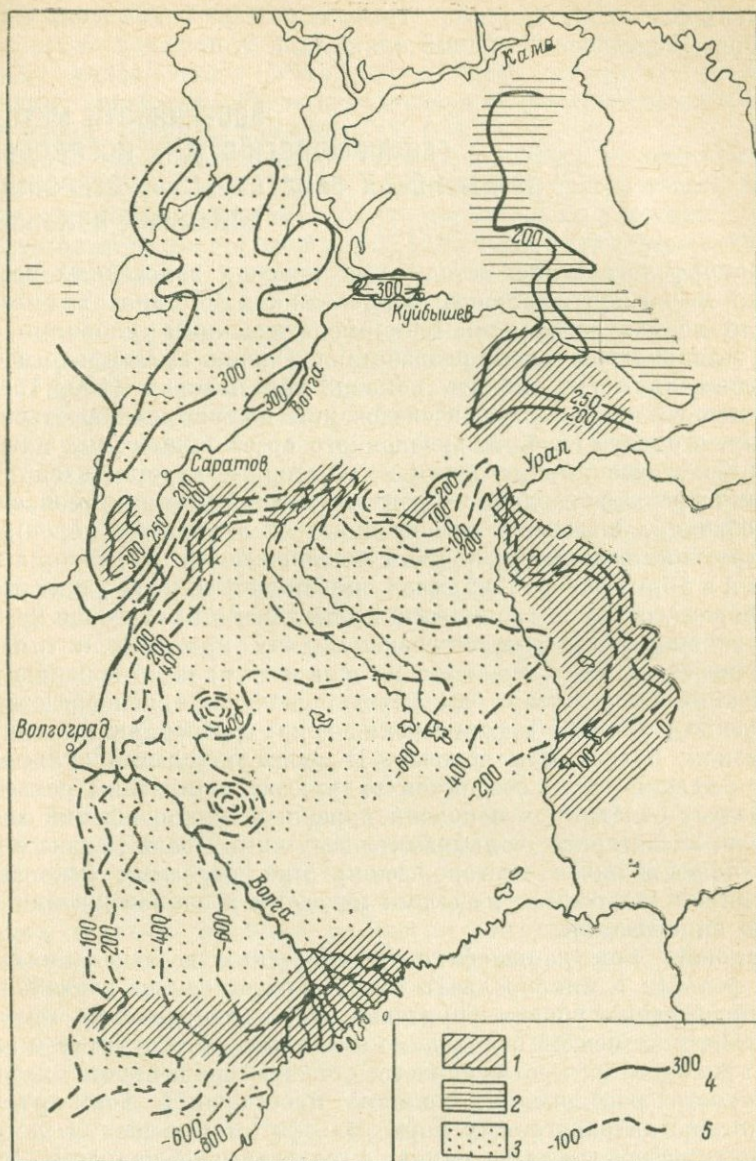


Рис. 70. Схема строения палеогеновой поверхности выравнивания юго-востока Русской равнины, по В. П. Философову.

1 — абразионные участки; 2 — денудационные участки поверхностей (типа пенеплена); 3 — участки морских аккумулятивных равнин; 4 — изогипсы выраженных в рельефе участков поверхности; 5 — изогипсы не выраженных в рельефе (погребенных) участков поверхности.

террасового аллювия. При этом необходимо учитывать влияние и других факторов, например, влияние состава размываемых коренных пород, оледенений, фаций аллювия и т. п.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Геоморфологические методы при поисках эндогенных месторождений имеют подчиненное значение, так как формирование месторождений не контролируется геоморфологическими условиями, да и сама методика еще слабо разработана. Однако геоморфологические исследования могут оказать помощь при поисках [100, 151].

Основное направление исследований должно заключаться, во-первых, в оценке глубины эрозионного среза рудоносных интрузий геоморфологическими методами и, во-вторых, в установлении проявлений в рельефе различного рода нарушений (зон разломов, смятия и дробления, контактов изверженных и осадочных пород), контролирующих размещение рудных месторождений. Нарушения выражаются в форме уступов, обрывов, линейно вытянутых узких депрессий, борозд, отражены в наличии прямолинейных отрезков крупных рек, закономерной ориентировке мелких притоков и т. п. При устойчивости рудных тел (жил, штоков и т. д.) по отношению к выветриванию и размыву они нередко получают непосредственное отражение в рельефе в форме узких гряд, гребней, единичных мелких сопок, бугров или цепочек. В зонах окисления сульфидных месторождений часто создаются надрудные понижения рельефа.

Следует отметить, что поиски коренных месторождений золота, алмазов, касситерита, вольфрамитов ведутся в тесной увязке с поисками аллювиальных месторождений этих полезных ископаемых, проводимой геоморфологическими методами в сопровождении шлихового опробования.

Наконец, при ландшафтно-геохимических исследованиях изучение рельефа и микрорельефа имеет первостепенное значение, так как определения уровня грунтовых вод и направления миграции химических элементов необходимо знать высоты, крутизну и экспозицию склонов, их протяженность, степень облаженности, характер эрозионного расчленения, наличие просядочных форм рельефа, присутствие антропогенных форм рельефа (старые шахты, шурфы). Геоморфологическая карта наряду с геологической является основой ландшафтно-геохимических поисков [103].

О специальных геоморфологических картах при поисках россыпных полезных ископаемых. Прикладные геоморфологические карты от общих геоморфологических карт отличаются целенаправленностью и специальной нагрузкой. К последней, по данным большинства исследователей, относятся элементы геологии коренных пород, неотектоники, структурно-тектонические, литолого-тектонические,

лиолого-стратиграфические, данные о металлоносности и элементы прогноза [151, 186, 309, 359]. Кроме того, А. К. Рюмин считает еще необходимым показывать на карте элементы, характеризующие динамику современных рельефообразующих процессов (падение продольных профилей рек; направление и скорость ветров для побережий морей, океанов и пустынь и т. д.

Элементы палеогеографии могут быть отражены на специальных геоморфологических картах либо в виде форм древнего погребенного рельефа (фрагментов древних долин, погребенных карстовых воронок, береговых валов, дельт и т. п.), либо в форме остатков древнего рельефа, приподнятых тектоническими движениями (остатки древних поверхностей выравнивания с корами выветривания, реликты поднятой гидросети, древние береговые линии, озерные и морские террасы, закрепленные дюны и т. п.). Отмечаются также следы перестройки речной сети в виде сквозных долин, речных перехватов. Все эти элементы на карте могут быть показаны цветными знаками.

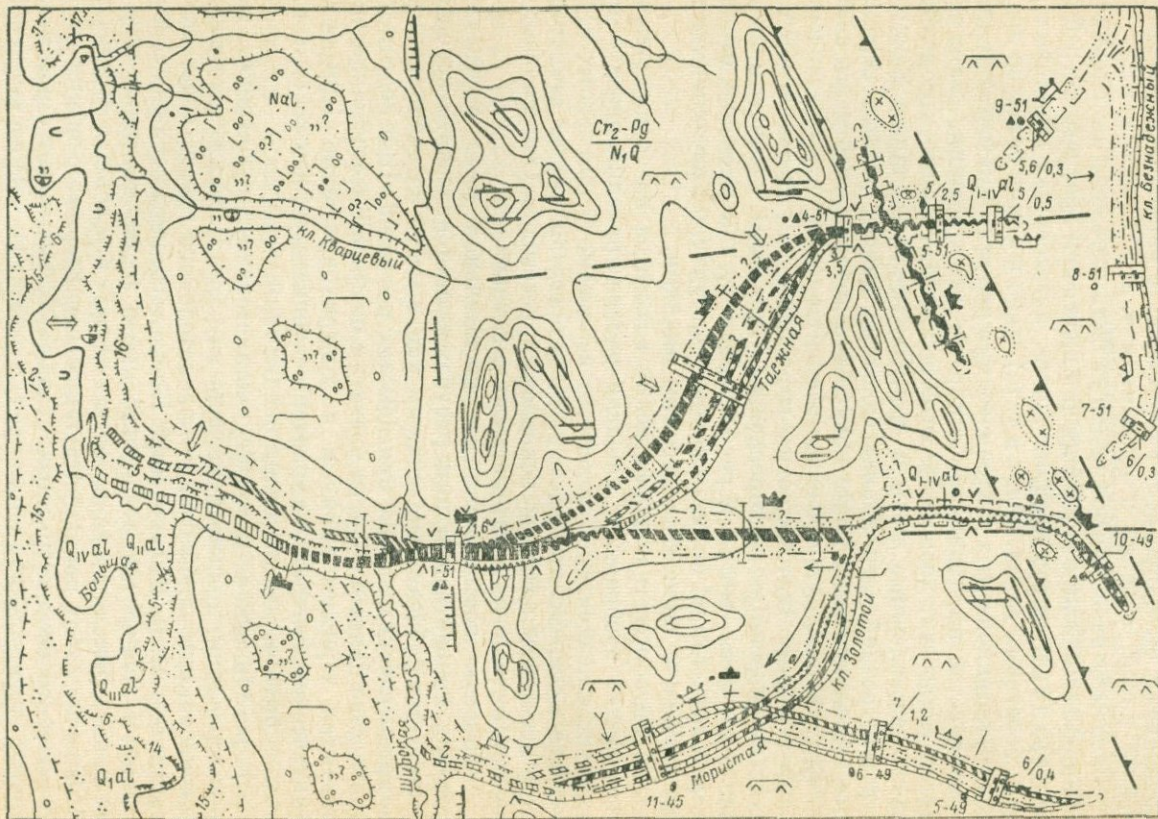
Структурно-тектонические элементы обычно представлены на картах зонами тектонических нарушений, с которыми могут быть связаны коренные месторождения; при этом следует показывать разломы, зоны смятия и расщепления, как имеющие отражение в рельефе, так и не выраженные. Структурно-тектонические элементы можно наносить цветными линиями.

Из литолого-стратиграфических элементов на специальных картах обычно изображают площади распространения древних промежуточных коллекторов полезного ископаемого, служащих источником его в современных россыпях или представляющих самостоятельный интерес в качестве ископаемых россыпей. Они показываются на картах черными литологическими значками.

Элементы неотектоники, в значительной мере определяющие условия концентрации или разубоживания полезного ископаемого в россыпях, обязательно должны найти место на специальных геоморфологических картах при поисках россыпей. При недостаточном количестве данных области развития поднятий и опусканий оконтуриваются черными линиями и заштриховываются. При большом фактическом материале характер тектонических движений в районе может быть иллюстрирован изолиниями.

Характеристика мезозойско-кайнозойских отложений, вмещающих россыпи, должна быть дана на картах либо литологическими обозначениями, либо в виде пояснительного текста в легенде, как предлагает М. В. Пиотровский. Кроме того, карта должна содержать данные о мощностях отложений как в форме изолиний или цифр на самой карте, так и усредненных данных в условных обозначениях. Выборочно стоит показывать также характерные особенности литологического состава рыхлых отложений, вмещающих россыпи (например, присутствие галек пород, указывающих на состав коренного источника).

Элементы металлоносности, показываемые на специальных геоморфологических картах, должны отражать сведения об известных коренных и россыпных месторождениях того или иного полезного



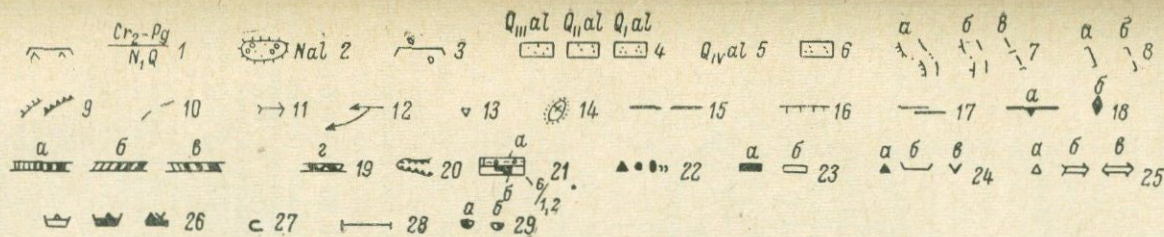


Рис. 71. Макет карты масштаба 1 : 50 000—1 : 100 000.

1 — денудационная поверхность (педимент) позднемиоценового — палеогенового возраста, вторично расчлененная в неогене и в четвертичное время; рыхлый покров: остатки глинистой коры выветривания на ровных междуручьях мощностью до 16 м; аллювиально-дефлюкционные дресвянистые суглинки мощностью 2—5 м на склонах; 2 — сохранившиеся участки размытого покрова неогеновых аллювиальных песчаных галечников мощностью 10—15 м; 3 — остатки гальки размытого неогенового аллювия на вновь обнаженном педименте со смытой корой выветривания; 4 — отложения, соответствующие четвертичным террасам — 1-й, 2-й, 3-й; рыхлый покров: дефлюкционные суглинки, аллювиальные илы, глинистые и песчано-глинисто-галечниковые отложения общей мощностью 5—10 м; 5 — современные поймы — илы и песчаные галечники, мощностью 3—6 м (знаком не выделена); 6 — нерасчлененный аллювий в верховьях долин (с наложением более молодых комплексов на более древние); 7 — контуры террас и «увалов» (а — аллювиальных, б — покатых, в — с плотиком на уровне плотика поймы); 8 — склоны погребенных долин (а — установленные, б — предполагаемые); 9 — уступы и обрывы; 10 — пологие растянутые уступы; 11 — направление асимметричного перемещения долин; 12 — перехват; 13 — валунные фации аллювия; 14 — породы малых интрузий; 15 — предполагаемые разломы; 16 — то же, слабо выраженные в рельефе вследствие молодых движений; 17 — структурные линии (разрывы, зоны трещиноватости и расщепления), намеченные по аэрофотоснимкам; 18 — оруденение (а — границы предполагаемой главной зоны, б — проявления); 19 — россыпи (а — современного аллювия, б — 2-й террасы, в — 3-й террасы; густота и толщина штриховки пропорциональна количеству металла в килограммах на 100 м длины россыпи); г — двухпластовые и трехпластовые россыпи, сплошные контуры — установленные россыпи, прерывистые — предполагаемые; 20 — отработанные реликты; 21 — поисково-разведочные линии (а — литология пласта; б — содержание металла, дробь — мощность торфов и песков); 22 — золото в россыпях (неокатанное, окатанное, сильно тертое и косовое); 23 — участки россыпей (а — в общем обогащенные, б — в общем бедные); 24 — факторы обогащения и разубоживания (а — богатство коренных источников, б — перемык коры выветривания, в — перемык россыпей прежних циклов); 25 — факторы разубоживания (а — бедность источников, б — расширение россыпи при сильном боковом перемещении русла, в — то же, при общем расширении долины); 26 — комбинация знаков 23, 24, 25, характеризует факторы разубоживания и обогащения и степень обогащенности россыпи как суммарный результат их взаимодействия; 27 — меандрический характер струй возможных россыпей; 28 — рекомендуемые разведочные линии; 29 — шлиховые пробы (а — знаки, б — слабо промышленные содержания).

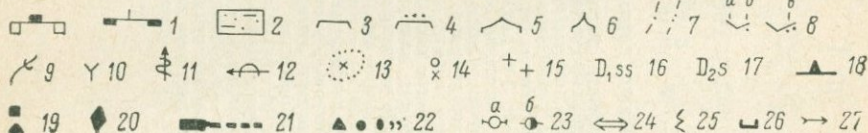
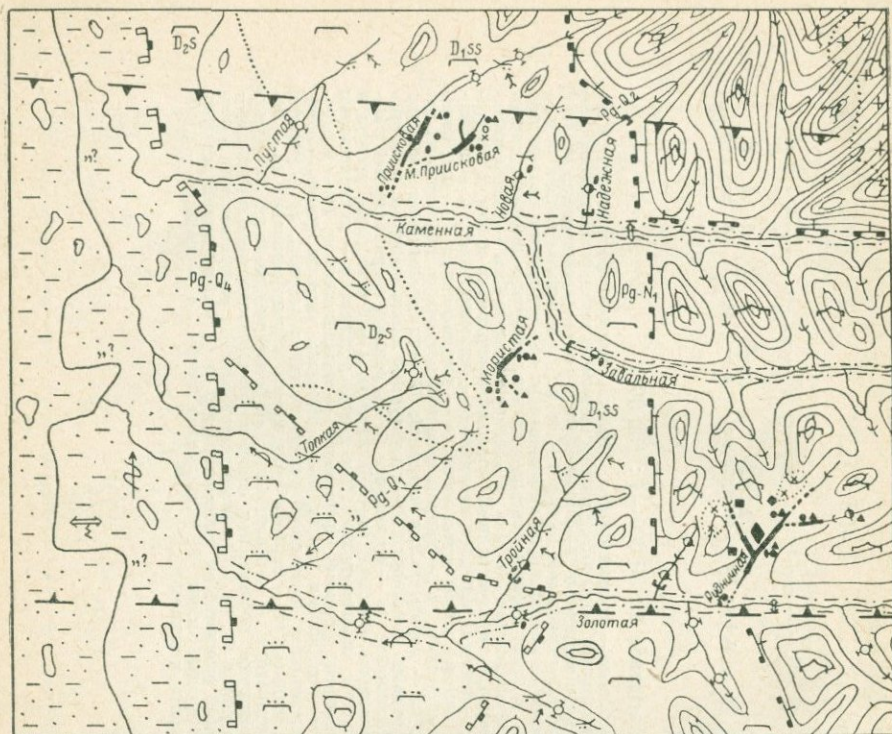


Рис. 72. Макет карты масштаба 1 : 500 000 (от 1 : 200 000 до 1 : 1 000 000).

1 — границы опущенных и поднятых блоков по предполагаемым разломам (пустые зубцы в сторону опущенных, черные — поднятых) блоков; величина зубцов отражает относительный размах движений, индексы — возраст; 2 — аккумулятивная депрессия (в современном рельефе озерно-аккумулятивная равнина), рыхлые отложения — глинистые пески с прослоями галечников; предполагаемая мощность — свыше 100 м; 3 — педимент с омоложенными долинами; 4 — педимент, слегка опущенный и неглубоко погребенный (кроме повышенных участков водоразделов); рыхлый покров аналогичен предыдущему, но мощность элювиально-дефлюзионных образований до 12 м; в долинах — илы и глинисто-галечниковые отложения мощностью до 25 м и более; 5 — зрелый низогорный остаточный рельеф с омоложенными долинами; на склонах — щебенчатые суглинки (0,5—3 м), в долинах песчанистые галечники (до 8 м); 6 — среднегорный остаточный рельеф, сформировавшийся при постепенном поднятии с резко омоложенными долинами; на склонах — сильно щебенчатые суглинки (0,5—2 м), местами глыбовые осцы и скалы; 7 — контуры главных долин с развитыми террасами (а — цокольными, б — аллювиальными); 8 — средние и малые долины с пологими склонами (а — увалы, преимущественно коренные, б — увалы аллювиальные с плотиком выше плотика поймы, в — то же, ниже плотика поймы); 9 — горные долины, разработанные, с поймой и узкими террасами; 10 — горные долины, резко омоложенные, с узкой поймой, местами с коренным руслом и подрезанными скальными склонами; 11 — участки долин с широким произвольным перемещением современных русел относительно погребенных, более древних тальвегов; 12 — участки долин с возможным ограниченным перемещением русел в пределах обих очертаний долин; 13 — породы малых интрузий; 14 — присутствие пород малых интрузий в аллювии; 15 — граниты; 16 — песчаниково-сланцевая толща; 17 — сланцы; 18 — предполагаемые разломы; 19 — оруденения различных типов; 20 — месторождения (размер знаков отражает величину запасов); 21 — россыпи, разделенные по количеству

ископаемого, данные о содержании полезного ископаемого в различных генетических и возрастных типах мезозойско-кайнозойских отложений и коренных источниках. На них должны быть оконтурены площади распространения металлоносной минеральной ассоциации шлихов, показано содержание минералов-спутников полезного ископаемого, нанесены разведочные линии. Все это показывается знаками, раскрашенными в яркие цвета.

Элементы прогноза отражаются на карте в виде контуров перспективных участков и намеченных разведочных линий, проводимых яркими цветами тех же оттенков, что и употребляемые для обозначения элементов металлоносности.

Нагрузка специальных геоморфологических карт при поисках россыпей различна в зависимости от масштаба. Мы приводим макеты карт (рис. 71, 72) масштабов 1 : 500 000 и 1 : 50 000—1 : 100 000 по М. В. Пиотровскому. Макет масштаба 1 : 500 000 отражает закономерности размещения россыпей в золотоносной зоне, связанной с широтными разломами. На это указывает широтная ориентировка основных рек. Рельеф района связан с новейшими блоковыми подвижками разных знаков. К западной погруженной зоне приурочена депрессия, занятая озерно-аллювиальной равниной. Депрессия является зоной интенсивной аккумуляции аллювия, что обуславливает его разубоживание. Средняя часть территории представляет слабо расчлененный педимент, испытавший неравномерное поднятие. Оно вызвало смещение современного русла рек по сравнению с погребенными тальвегами, что затрудняет здесь поиски россыпей. На восточном поднятом участке, где развит низкогорный рельеф с омоложенными долинами, существуют благоприятные условия для формирования и сохранности россыпей. Этот участок перспективен для поисков новых россыпей. Северо-восточная часть района, где развит среднегорный рельеф с резко омоложенными долинами, неблагоприятна для поисков, так как здесь происходит интенсивный размыв и снос полезного ископаемого россыпи в нижележащие участки.

Макет карты масштаба 1 : 50 000—1 : 100 000 показывает связь зоны разломов, выраженной в рельефе, золотого оруденения и аллювиальных золотоносных россыпей на небольшом участке денудационной поверхности верхнемелового — палеогенового возраста, вторично расчлененном в неоген-четвертичное время.

металла в килограммах на 1 км длины; 22 — характер металла в россыпях; золото неокатанное, окатанное, сильно тертое и косовое; 23 — поисково-разведочные линии (а — пересекающие всю аллювиальную часть долины, б — не пересекающие; пустые — без металла, заштрихованные — различное содержание золота; цифры рядом — глубины выработок); 24 — участки долины с резким разубоживанием установленных или возможных россыпей вследствие блуждания русел; 25 — участки долин с проявлениями разубоживания вследствие усиленной аккумуляции, растягивания пластов по вертикали и дробления их на вислице пропластки; 26 — границы участков долин, рекомендуемых для поисков россыпей 1-й очереди; 27 — направленные асимметричного перемещения долин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авсюк Г. А. и др. Горы юго-восточного Казахстана. Алма-Ата, 1945.
2. Алисов Б. П., Земцова А. И. Полевые микроклиматические исследования и их связь с наблюдениями сетевых метеорологических станций. — В кн.: Методы географич. исслед. М., Географгиз, 1960.
3. Алмазные месторождения Якутии. М., Госгеолтехиздат, 1959.
4. Алмазоносность Приленского района. — В кн.: Геол. алмазных м-ний. М., 1963. (Тр. Якутск. фил. СО АН СССР, сер. геол., сб. 9). Авт.: Б. И. Прокопчук, А. М. Израилев, П. А. Ильин и др.
5. Андреев Б. А. Геофизические методы в региональной структурной геологии. М., «Недра», 1965.
6. Андреев В. Н. Гидролакколиты (булгуньяхи) в западно-сибирских тундрах. — «Изв. ГГО», т. 68, вып. 2, 1936.
7. Апродов В. А. О речной сети в средней части западного склона Урала и Приуралья. — В кн.: Матер. по геоморфол. Урала, вып. 1. М. — Л., 1948.
8. Апродов В. А. Геологическое картирование. М., Госгеолтехиздат, 1952.
9. Апродов В. А. Неотектоника, вулканические провинции и великие сейсмические пояса мира. М., Изд-во МГУ, 1965.
10. Аристархова Л. Б. Геоморфологическая карта юго-востока европейской части СССР. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959.
11. Арсланов Х. А., Бутомо С. В., Кинд Н. В. Инструкция по сбору образцов для радиоуглеродного анализа. — В кн.: Абсолютная геохронология четвертич. пер. М., Изд-во АН СССР, 1963.
12. Артанов М. А. Нивелир-автомат. Теория и практическое применение. М., Союзтранспроект, 1949.
13. Асеев А. А. Роль тектонического и климатического факторов в формировании аллювия равнинных рек. — «Изв. АН СССР», сер. геол., № 2, 1960.
14. Атлас вулканов СССР. М., Изд-во АН СССР, 1959.
15. Атлас литолого-палеогеографических карт Русской платформы и ее геосинклинального обрамления. М-б 1 : 5 000 000. М. — Л., Госгеолтехиздат, 1961.
16. Аэрометоды в природных исследованиях. Л., Изд-во АН СССР, 1960. (Тр. Лабор. аэрометодов, т. 10).
17. Аэрометоды при геологической съемке и при поисках полезных ископаемых, т. 1—2. М., «Недра», 1964.
18. Аэрометоды при поисках полезных ископаемых и геологическом картировании. М. — Л., «Наука», 1964.
19. Бабаев А. Г. Пустыня Кара-Кумы. Ашхабад, Изд-во АН ТуркмССР, 1963.
20. Бабанкин Ф. С. Практическая фотография в геологоразведочном и горном деле. М., Госгеолтехиздат, 1962.
21. Баранова Ю. П. Развитие морфоструктур северо-востока Сибири в мезозое и кайнозое. Новосибирск, «Наука», 1967.
22. Баранова Ю. П., Бискэ С. Ф. Северо-Восток СССР. М., «Наука», 1964.

23. Барков А. С., Соколов Н. П. Трещиноватость палеозоя и ее выражение в геоморфологии Самарской Луки. — В кн.: Вопр. гидрогеологии и инж. геологии, ч. 3. М. — Л., 1933.

24. Барковская М. Г. Закономерности распределения тяжелых минералов в полосе пляжа и на шельфе советского побережья Черного моря. — В кн.: Вопр. накопл. и распредел. тяж. минер. в прибрежно-морских песках. Рига, 1960. (Тр. Ин-та геол. и полезн. ископ. ЛатвССР, VI).

25. Батурин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М., Изд-во АН СССР, 1947.

26. Баулин В. В. Основные этапы истории развития многолетнемерзлых пород на территории Западно-Сибирской низменности. М., 1962. (Тр. Ин-та мерзлотоведения им. В. А. Обручева, т. 19).

27. Бауман В. И. Геологическая интерпретация результатов магнитометрической съемки. М. — Л., 1950. (Тр. ВИРГ, вып. 2).

28. Башенина Н. В. Происхождение рельефа Южного Урала. М., Географгиз, 1948.

29. Башенина Н. В. Крупномасштабное геоморфологическое картирование и возможное его решение в СССР при комплексной геологической съемке. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959.

30. Башенина Н. В. Сопровождение рабочей группы по созданию международной унифицированной легенды геоморфологических карт крупных масштабов. — «Вестник МГУ, сер. V, геогр.», № 1, 1968.

31. Белоусов В. В. Мощности отложений как выражение режима колебательных движений земной коры. — «Сов. геология», № 2—3, 1940.

32. Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. М., Госгеолтехиздат, 1954.

33. Беляков М. Ф. Объемные карты и их применение, особенно в геологии. — «Природа», № 4, 1950.

34. Берг Л. С. Формы русских пустынь. СПб., изд. Брокгауз — Ефрон, 1911.

35. Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М., Изд-во АН СССР, 1955.

36. Биллингс М. П. Структурная геология. М., ИЛ, 1949.

37. Блохин Н. А. Стереофотограмметрическая наземная съемка. М. — Л., ОНТИ, 1937.

38. Бойцов М. Н. О формировании рельефа в условиях подземного оледенения. Л., 1961. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 64).

39. Бойцов М. Н. О некоторых формах мерзлотного рельефа Западно-Сибирской низменности. — Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 52. Л., 1962.

40. Бойцов М. Н. Генезис и эволюция трещинно-полигонального рельефа. Л., 1963. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 90).

41. Бойцов М. Н. Об эволюции котловин термокарстовых озер. Л., 1965. (Тр. НИИГА, т. 143).

42. Болдырев В. Л. Изучение потоков песчаных наносов и проблема поиска прибрежно-морских россыпных месторождений. — В сб.: Вопр. накопл. и распредел. тяж. минер. в прибрежно-морских песках. Рига, 1960. (Тр. Ин-та геол. и полезн. ископ. ЛатвССР, VI).

43. Борисевич Д. В. Универсальная легенда для геоморфологических карт. — В кн.: Землеведение, нов. серия, т. III (XLIII). М., 1950.

44. Борисевич Д. В. Единый метод геоморфологического картирования в средних масштабах. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959.

45. Борисевич Д. В. Черно-белый вариант универсальной морфохроногенетической легенды для геоморфологических карт масштаба 1 : 25 000—1 : 2 500 000. Геогр. сб., 2. М., Произв.-издат. комб. ВИНТИ, 1966.

46. Борисов А. А. О количественных показателях палеоклиматов территории СССР в различные геологические периоды. — «Изв. ВГО», т. 97, вып. 2, 1965.

47. Борисов А. А. Палеоклиматы территории СССР. Л., Изд-во ЛГУ, 1965.

48. Боч С. Г. О геоморфологических профилях. — «Изв. ВГО», т. 85, № 5, 1953.
49. Боч С. Г. К вопросу о содержании общей геоморфологической карты. — Бюлл. Комиссии по изуч. четвертичн. пер., № 20. М., 1955.
50. Боч С. Г. и др. Краткая инструкция по геологической съемке четвертичных отложений. М., Госгеолиздат, 1940.
51. Боч С. Г., Краснов И. И. Процессы гольцового выравнивания и образование нагорных террас. — «Природа», № 5, 1951.
52. Боч С. Г., Краснов И. И. Классификация объектов геоморфологического картирования и содержание общих геоморфологических карт в связи с разработкой легенд для карт разных масштабов. — «Сов. геология», № 2, 1958.
53. Брайцева О. А., Мелекесцев И. В. Четвертичные отложения Центральной камчатской депрессии и их значение для расчленения молодых вулканогенных пород Камчатки. — В кн.: Стратиграфия вулканогенных формаций Камчатки. М., «Наука», 1966.
54. Брюханов А. В. Фототеодолитные работы на Эльбрусе (за период с 1956 по 1959 годы). — Информ. сб. о раб. геогр. ф-та МГУ по МГТ, № 7. М., 1961.
55. Буданов В. И. Методика экспедиционного исследования морских берегов. М., 1954. (Тр. Ин-та океанол. АН СССР, т. X).
56. Бунимович Д. З. Практическая фотография. М., Госкиноиздат, 1952.
57. Буялов Н. И. Структурная и полевая геология. М., Гостоптехиздат, 1956.
58. Вальтер И. Законы образования пустынь. Пер. с нем. СПб., изд. Брокгауз — Ефрон, 1911.
59. Варгафтиг М. Г., Пелль В. Г., Сахаров А. Л. Справочник кинооператора. М., 1947.
60. Варданянц Л. А. Простейший способ подсчета депрессии снеговой границы. — «Изв. ГГО», т. XIV, вып. 6, 1932.
61. Вассоевич Н. Б., Гроссгейм В. А. Метод определения первичной ориентировки наклона косых слоев. — Геол. сб., т. 1 (4). Л., Гостоптехиздат, 1951.
62. Вебер В. Миграция сухих дельт в Фергане. — «Геол. вестник», т. 7. Л., 1930.
63. Вебер В. Н. Методы геологической съемки (полевая геология). М., ОНТИ, 1937.
64. Вейзе Г. Киносъемочная камера. М., 1958.
65. Великанов М. А. Динамика русловых потоков. М. — Л., Гидрометеозидат, 1946.
66. Великанов М. А. Русловой процесс (основы теории). М., Физматгиз, 1958.
67. Вербицкая Н. П. Стратиграфия и литология аллювиальных отложений алмазоносных районов западного склона Среднего Урала. Матер. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 2. Л., 1959.
68. Видина А. А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтным исследованиям. М., Изд-во МГУ, 1962.
69. Вилесов Г. И. Наглядные объемные графики. — «Горн. журнал», № 9, 1951.
70. Вировлянский Г. М. Фотодокументация наблюдений при геологических исследованиях. М., Госхимиздат, 1955.
71. Вирский А. А. Об основных закономерностях и факторах развития эрозионного рельефа. — «Пробл. физич. географии», XV. М. — Л., 1950.
72. Виттенбург П. В. Практическое руководство для техников-геологов. М., «Недра», 1964.
73. Волков И. А. Новое в изучении следов деятельности рек и изменений климата. — В кн.: Методы геоморфол. исслед. Новосибирск, «Наука», 1967.
74. Волков Н. Г. К методике тектонического анализа продольных профилей рек. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 2, 1964.

75. Волков Н. М. Принципы и методы картометрии. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1950.

76. Воронов А. Г., Гладков Н. А. Биогеографические полевые исследования, их место и значение в географических исследованиях. — В кн.: Методы географич. исслед. М., Географгиз, 1960.

77. Воронов П. С. Опыт реставрации ледникового щита Антарктиды эпохи максимального оледенения Земли. — Информ. бюлл. Сов. Антаркт. эксп., № 23, 1960.

78. Воронов П. С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л., «Наука», 1968.

79. Воронов П. С., Кулаков Ю. П. О связи конфигурации гидросети севера Сибири с новейшей тектоникой. — Информ. бюлл. НИИГА, вып. 9, Л., 1958.

80. Втюрин Б. И. О некоторых геоморфологических терминах в геохронологии. — В кн.: Матер. к основам учения о мерзлых зонах земной коры, вып. III. М., Изд-во АН СССР, 1956.

81. Втюрин Б. И., Литвинов А. Я. Трещинно-полигональный рельеф. — В кн.: Полевые геокриологич. (мерзлотные) исслед. М., Изд-во АН СССР, 1961.

82. Втюрина Е. А. Криогенные склоновые процессы. М., «Наука», 1966.

83. Высоккий Б. П. Аэрофотометод при геологических исследованиях. М., Госгеолтехиздат, 1962.

84. Гаель А. Г. Руководство к исследованию песков. М. — Л., Сельхозгиз, 1930.

85. Галицкий В. И. Предмет, задачи и методы палеогеоморфологии. Учен. зап. Курского пед. ин-та, вып. XXXVI. Курск, 1966.

86. Ганешин Г. С. О скорости регрессии береговой линии Амурского залива. — Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 3. М., Госгеолтехиздат, 1956.

87. Ганешин Г. С. Принципы построения легенд сводных геоморфологических карт м-бов 1 : 500 000—1 : 5 000 000. Л., 1963. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 90).

88. Ганешин Г. С. Эволюция взглядов на геоморфологическое картирование Сибири и Дальнего Востока и пути его дальнейшего развития. — В кн.: Методы геоморфол. исслед. Новосибирск, «Наука», 1967.

89. Ганешин Г. С., Жамойда А. И. Конусы выноса на Сихотэ-Алине. — Информ. сб. (ВСЕГЕИ), № 3. М., 1956.

90. Ганешин Г. С., Селиверстов Ю. П. Геоморфологическая карта СССР в масштабе 1 : 5 000 000. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГН АН СССР, 1959.

91. Ганешин Г. С., Чемяков Г. С. Первый расширенный пленум Межведомственной геоморфологической комиссии. — «Сов. геология», № 3, 1961.

92. Ганешин Г. С., Чемяков Ю. Ф. Обзор работы III пленума Межведомственной геоморфологической комиссии. — В кн.: Методика геоморфол. исслед. М., «Наука», 1965.

93. Ганешин Г. С., Эпштейн С. В. Современное состояние вопросов геоморфологического картирования в средних масштабах и основные пути их решения. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГН АН СССР, 1959.

94. Гарецкий Р. Г., Яншин А. Л. Тектонический анализ мощностей. — В кн.: Методы изуч. тектонич. структур, вып. 1. М., Изд-во АН СССР, 1960.

95. Гвоздецкий Н. А. Карст. М., Географгиз, 1954.

96. Геллер С. Ю., Кунин В. Н. О происхождении грядовых песков. ДАН СССР, нов. сер., № 2. М., 1933.

97. Геологический словарь, т. I и II. М., Госгеолтехиздат, 1955.

98. Геоморфологическая карта СССР в м-бе 1 : 4 000 000. Под ред. Б. А. Федоровича и И. П. Заруцкой. М., Изд-во ГУГК СССР, 1959.

99. Геоморфологическая карта СССР в м-бе 1 : 5 000 000. М., Госгеолтехиздат, 1960.

100. Геоморфологические методы поисков эндогенного оруденения. Чита, изд. Заб. фил. Геогр. о-ва СССР, 1968.
101. Геоморфологическое картирование. М., Изд-во АН СССР, 1963.
102. Геоморфологическое районирование СССР. М., Изд-во АН СССР, 1947. (Тр. Комисс. по ест.-историч. районир. СССР, т. II, вып. 1).
103. Геохимия ландшафтов и поиски полезных ископаемых на Южном Урале. М., Изд-во МГУ, 1961. Авт.: М. А. Глазовская, А. А. Макулина, И. А. Павленко и др.
104. Гераков Н. Н. Некоторые закономерности размещения аллювиальных и делювиальных россыпей в Читинской области. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ. IV. М., Госгортехиздат, 1960.
105. Герасимов И. П. Опыт геоморфологической интерпретации общей схемы геологического строения СССР. — В кн.: Пробл. физ. геогр. М. — Л., Изд-во АН СССР, XII, 1946.
106. Герасимов И. П. Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М., Изд-во АН СССР, 1959.
107. Герасимов И. П., Марков К. К. Ледниковый период на территории СССР. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1939. (Тр. ИГАН СССР, вып. 33).
108. Геренчук К. И. Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской равнины. Львов, Изд-во Львовск. ун-та, 1960.
109. Глазовская М. А. Погребенные почвы, методы их изучения и их палеогеографическое значение. — В кн.: Вопр. географии. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1956.
110. Глазовская М. А. Геохимия ландшафтов и методы ее исследования. — В кн.: Методы географич. исслед. М., Географгиз, 1960.
111. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М., Изд-во МГУ, 1964.
112. Говорухин Д. С. Бургистые болота северной Азии и потепление Арктики. — «Уч. зап. Моск. обл. педагогич. ин-та», т. 9, 1947.
113. Голдовский Е. М. Узкоплочная кинематография. М., 1936.
114. Головцын В. Н. О возможности применения электрометрических методов к изучению карстовых явлений. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1935.
115. Гомельский И. И. Фотографирование и киносъемка. — В кн.: Карманная книга натуралиста и краеведа. М., Географгиз, 1961.
116. Горелик А. М. Применение электроразведки для исследования оползней. М., Трансжелдориздат, 1950.
117. Городков Б. Н. Морозная трещиноватость грунтов на Севере. — «Изв. ВГО», т. 82, № 5, 1950.
118. Григоренко Ю. П. Влияние разрывов и трещиноватости в горных породах на распределение эрозивной сети в Южно-Тагильском районе западной Камчатки. — В кн.: Трещиноватость горных пород и трещинные коллекторы. Л., Гостехиздат, 1962.
119. Григорьев А. А. Субарктика. М., Географгиз, 1956.
120. Григорьева А. И. Особенности формирования древних прибрежных россыпей Западно-Сибирской низменности. — В кн.: Геология россыпей. М., «Наука», 1965.
121. Гурвич И. И. Сейсмическая разведка. М., Гостоптехиздат, 1960.
122. Де-Лиондэ Ф. Г. Перспективная съемка местности. М. — Л., Госиздат, 1929.
123. Девдариани А. С. Кинематика рельефа. — В кн.: Вопр. географии, сб. 21. М., Географгиз, 1950.
124. Девдариани А. С. Измерение перемещений земной поверхности. М., «Наука», 1964.
125. Девдариани А. С. Математические методы. М., Произв.-издат. комб. ВИНТИ, 1966.
126. Девдариани А. С. Математический анализ в геоморфологии. М., «Недра», 1967.
127. Дополнение к справочникам укрупненных норм для проектирования, сметных норм по статьям основных расходов и сборнику единых порайонных единичных расценок на геологоразведочные работы. вып. 1, Геологосъемочные и поисковые работы. М., Госгеолтехиздат, 1961.

128. Дополнения к укрупненным нормам для проектирования и единым порайонным единичным расценкам на геологоразведочные работы. М., Гостеолтехиздат, 1962.
129. Достовалов Б. Н., Кудрявцев В. А. Общее мерзлотоведение. М., Изд-во МГУ, 1967.
130. Дробышев Ф. В. Основы аэрофотосъемки и фотограмметрии. М., Гостеолтехиздат, 1963.
131. Думитрашко Н. В. О генезисе поверхностей выравнивания. — В кн.: *Вопр. географии*, сб. 36. М., Географгиз, 1954.
132. Дьяков А. Г. Закономерности размещения молодых алмазоносных россыпей Сибирской платформы. — В сб.: *Закономерности размещ. полезн. ископ.*, IV. М., Госгортехиздат, 1960.
133. Дэвис В. М. Геоморфологические очерки. М., ИЛ, 1962.
134. Единые нормы выработки на геологоразведочные работы (ЕНВ). М., Гостеолтехиздат, 1953—1960.
135. Единый тарифно-квалификационный справочник на геологоразведочные работы. М., Metallurgizdat, 1964.
136. Ермолов В. В. Вопросы составления геоморфологических карт при среднемасштабной комплексной геологической съемке северных районов. Л., 1958. (Тр. НИИГА, т. 83).
137. Ермолов В. В. Методика геоморфологического картирования при проведении комплексной геологической съемки в масштабе 1 : 200 000 в северных районах. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959.
138. Ермолов В. В. Генетически однородные поверхности в геоморфологическом картировании. Новосибирск, 1964.
139. Ефремов Ю. К. Опыт морфографической классификации элементов и простых форм рельефа. — В кн.: *Вопр. географии*, сб. 11. Географгиз, 1949.
140. Жвания Д. Г. Таблицы цветных обозначений для геологических карт разных масштабов (геологическая легенда). М., Гостеолтехиздат, 1960.
141. Жигарев Л. А. Причины и механизм развития солифлюкции. М., «Наука», 1967.
142. Жилинский Г. Б. О древних россыпях Центрального Казахстана. — «Разведка и охрана недр», № 10, 1956.
143. Заборовский А. И. Электроразведка. М., Гостоптехиздат, 1963.
144. Заваарцкий А. Н. Вулканы Камчатки. М., Изд-во АН СССР, 1955.
145. Задачи и особенности геоморфологических исследований при поисках и разведке полезных ископаемых. — В кн.: *Прикл. геоморфология. Вопр. географии*, № 52. М., 1961. Авт.: И. В. Орлов, М. В. Пиотровский, Т. В. Звонкова, О. К. Леонтьев.
146. Зайцев И. К. Вопросы изучения карста СССР. М. — Л., Гостеолтехиздат, 1940.
147. Закономерности размещения полезных ископаемых, т. IV. Россыпи. М., Госгортехиздат, 1960.
148. Захаревич В. А. Условия формирования угленосной толщи Ангрена. Ташкент, 1950. (Тр. треста Средазуглеразведка, вып. 1).
149. Захарова Е. М. Шлиховые поиски и анализ шлихов. М., Изд-во МГУ, 1960.
150. Звонков В. В. Водная и ветровая эрозия Земли. М., Изд-во АН СССР, 1962.
151. Звонкова Т. В. Изучение рельефа в практических целях. М., Географгиз 1959.
152. Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов, т. 1. Волновые процессы. М. — Л., «Морской транспорт», 1946.
153. Зенкович В. П. Глыбовый бенч как показатель погружения берега. М., 1949. (Тр. Ин-та океанол. АН СССР, т. IV).
154. Зенкович В. П. Берега Черного и Азовского морей. М., Географгиз, 1958.
155. Зограбян Л. Н., Бальян С. П. Морфоструктура и новейшая тектоника Армянского нагорья и прилегающих областей Анатолии и Малого Кавказа. — В кн.: *Пробл. тектоники*. М., 1964.

156. Золотарев А. Г. Геоморфологические условия формирования золотоносных россыпей Северо-Байкальского нагорья. М., «Наука», 1965.
157. Зорин Л. В., Малаева Е. М., Судакова Н. Г. Критерии комплексного палеогеографического анализа. М., Изд-во МГУ, 1963.
158. Зубаков В. А. Классификация и номенклатура речных террас. Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1960.
159. Зяtkова Л. К. Геолого-геоморфологические методы выявления локальных структур (центральная часть Западно-Сибирской низменности). Новосибирск, изд. Сиб. отд. АН СССР, 1961. (Тр. Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР, вып. 14).
160. Иванов П. В. Метод количественной характеристики формы продольного профиля реки. — «Изв. ВГО», вып. 6. Л., Изд-во АН СССР, 1951.
161. Израйлев В. М., Спиридонов Д. И., Цесельчук Ю. Н. Классификация овражно-балочных и долинных форм центральных областей европейской территории СССР. — «Вестник МГУ», сер. геогр., № 1, 1963.
162. Ильин Р. Н. Техника съемки фильма. М., 1959.
163. Инструкция о порядке планирования, проектирования, финансирования и составления проектов и смет на геологоразведочные работы. М., Госгеолтехиздат, 1955.
164. Инструкция о порядке составления проектов и смет на производство геологоразведочных работ. М., Госгеолтехиздат, 1962.
165. Инструкция по металлометрической съемке. Составитель А. П. Соловов. М., Госгеолтехиздат, 1957.
166. Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ в м-бах 1 : 1 000 000 и 1 : 500 000. Составители Л. И. Красный и др. М., Госгеолтехиздат, 1955.
167. Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ в м-бах 1 : 200 000 и 1 : 100 000. Составители В. Н. Верещагин и др. М., Госгеолтехиздат, 1955.
168. Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ в м-бах 1 : 50 000 и 1 : 25 000. Составители Д. В. Вознесенский и др. М., Госгеолтехиздат, 1956.
169. Инструкция по составлению и подготовке к изданию Государственной геологической карты СССР и карты полезных ископаемых СССР м-ба 1 : 1 000 000. Составители С. Г. Боч и др. М., Госгеолтехиздат, 1955.
170. Инструкция по составлению и подготовке к изданию геологической карты и карты полезных ископаемых м-ба 1 : 200 000. Составители С. А. Музылев и К. Н. Паффенгольд. М., Госгеолтехиздат, 1955.
171. Инструкция по составлению и подготовке к изданию геологической карты м-ба 1 : 50 000. Составители В. Н. Верещагин и Ю. А. Иванов. М., Госгеолтехиздат, 1962.
172. Исаченко А. Г. Физико-географическое картирование. Л., Изд-во ЛГУ, т. I — 1958; т. II — 1960; т. III — 1961.
173. Использование аэрометодов при исследовании природных ресурсов. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1961.
174. Ицксон М. И. Шлиховое опробование при геологической съемке и поисках. М., Госгеолтехиздат, 1953.
175. Казакевич Ю. П. Золотоносные россыпи Витимо-Патомского нагорья (Ленского золотоносного района), условия их формирования и размещения. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., IV. М., Госгортехиздат, 1960.
176. Казакевич Ю. П., Вашко Н. А. Роль ледниковых процессов в сохранении и уничтожении золотоносных россыпей на примере некоторых районов Сибири. — В кн.: Геология россыпей. М., «Наука», 1965.
177. Кайнозойская история Полярного бассейна и ее влияние на развитие ландшафтов северных территорий. Л., 1968.
178. Калесник С. В. Общая гляциология. Л., Учпедгиз, 1939.
179. Калесник С. В. Изучение современных ледников. — В кн.: Справочник путешественника и краеведа, т. II. М., Географиз, 1950.
180. Калесник С. В. Очерки гляциологии. М., Географиз, 1963.

181. К а л ю ж н ы й В. А. Тимаи — новая провинция россыпей. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., IV. М., Госгеолтехиздат, 1960.
182. Каплин П. А. Фиордовые побережья Советского Союза. М., Изд-во АН СССР, 1962.
183. Каплина Т. Н. Криогенные склоновые процессы. М., «Наука», 1965.
184. Карманная книга натуралиста и краеведа. М., Географгиз, 1961.
185. Карта новейшей тектоники СССР. М-б 1 : 5 000 000. Под ред. Н. И. Николаева и С. С. Шульда. М., Госгеолтехиздат, 1960.
186. Карташов И. П. О принципах построения геолого-геоморфологических прогнозных карт россыпей. Магадан, 1958. (Тр. ВНИИ-1, вып. 37).
187. Карташов И. П., Шило Н. А. Закономерности размещения россыпей, обусловленные экзогенными процессами. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., III. М., Изд-во АН СССР, 1960.
188. Качурин С. П. Термокарст на территории СССР. М., Изд-во АН СССР, 1961.
189. Кашменская О. В., Хворостова З. М. Геоморфологический анализ при поисках россыпей. Новосибирск, 1965.
190. Келль Н. Г. Измерительное дешифрирование аэроснимков в полевых условиях. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1959.
191. Келль Н. Г., Келль Л. Н. Указания по использованию геометрических и геодезических свойств аэрофотоматериалов для геологического картирования. Л. — М., Металлургиздат, 1950.
192. Кинг Л. С. Морфология Земли. М., «Прогресс», 1967.
193. Кинд Н. В. Геология мезозойских и кайнозойских отложений Среднего Урала и закономерности размещения в них россыпных месторождений алмазов. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., III. М., Изд-во АН СССР, 1960.
194. Книжников Ю. Ф. Опыт применения спаренных камер для изучения солифлюкционных процессов. — Информ. сб. о раб. геогр. ф-та МГУ по МГГ, № 7. М., 1961.
195. Козменко А. С. Борьба с эрозией почв. Изд. 2. М., Сельхозгиз, 1949.
196. Комплексное дешифрирование аэроснимков. М. — Л., «Наука», 1964.
197. Кондаков Н. И. Логика. М., Изд-во АН СССР, 1954.
198. Коншин М. Д. Аэрофотогеография. М., Геодезиздат, 1954.
199. Корженевская А. С. Угленосность Осташковского и Селижаровского районов Калининской области. Л., 1941. (Тр. Лен. геол. упр., вып. 22).
200. Корженевский А. А. Историко-генетический принцип геоморфологического картирования и его развитие в Саратовском университете. Изд-во Саратов. ун-та, 1965.
201. Короткий А. М. К методике изучения современных областей сноса для палеогеографических целей. — В кн.: Вопр. геоморфологии и морфотектоники южной части Дальнего Востока. Владивосток, Дальневост. книж. изд-во, 1965.
202. Костенко Н. П. Влияние новейших поднятий на развитие наземных дельт и речных долин. — «Вестник МГУ», № 2, 1955.
203. Костенко Н. П. О принципах составления специальных геоморфологических карт в целях анализа неотектоники горных стран. — «Вестник МГУ», сер. биол., почв, геол., геогр., № 2, 1957.
204. Костенко Н. П. Геоморфологический анализ речных долин горных стран. — Бюлл. Комиссии по изуч. четвертич. пер., № 22. М., 1958.
205. Костенко Н. П. О принципах составления специальной геоморфологической карты (к методике геоморфологического анализа горных стран). — Бюлл. Комиссии по изуч. четвертич. пер., № 26. М., 1961.
206. Котлов Ф. В. Город и геологические процессы. М., «Наука», 1967.
207. Котлуков В. А. Закономерности нижнекарбонového угленакпления на Русской платформе и методика поисковых работ. М. — Л., 1956. (Тр. Лабор. геол. угля, вып. VI).

208. Кравцова В. И. Применение наземной стереофотограмметрической съемки и аэросъемки для составления гляцигеоморфологической схемы Эльбруса. — Информ. сб. о раб. геогр. ф-та МГУ по МГГ, № 7. М., 1961.
209. Краевые формы рельефа материкового оледенения на Русской равнине. — Тр. Комиссии по изуч. четвертичн. пер., № 21. М., 1963.
210. Красников В. И. Рациональные поиски рудных месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1959.
211. Краткое полевое руководство по комплексной геологической съемке четвертичных отложений. М., Изд-во АН СССР, 1957.
212. Краткое руководство для геоботанических исследований. М., 1952.
213. Кудинов Е. И. Вибропоршневая грунтовая трубка. М., 1957. (Тр. Ин-та океанол. АН СССР, т. 25).
214. Кудряшов Н. Кино на узкой пленке, практическое руководство для кинолюбителя. М., 1949.
215. Кулешов Л. Основы кинорежиссуры. М., 1941.
216. Кунин В. Н. Некоторые данные о современных эоловых формах в юго-восточных Каракумах. — В кн.: Каракумы. Л., 1930.
217. Кухаренко А. А. Количественный анализ формы галек из древнего аллювия р. Койвы. — «Сов. геология», № 18, 1947.
218. Кухаренко А. А. О методике количественно-минералогического анализа шлихов. — «Учен. зап. ЛГУ», сер. геол., вып. 8, 1957.
219. Кухаренко А. А. Минералогия россыпей. М., Госгеолтехиздат, 1961.
220. Ламакин В. В. Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений. — В кн.: Землеведение, нов. сер., т. II (XLII). М., 1948.
221. Лахи Ф. Полевая геология, т. 1 и 2. М., «Мир», 1966.
222. Лебедева Н. А. О легенде геоморфологической карты. — «Вестник ЛГУ», сер. геогр., № 1, 1952.
223. Лебедева Н. А. О значении выявления и картирования разновозрастных комплексов рельефа при анализе новейших движений. — В кн.: Вопр. географии, сб. 46. М., Географгиз, 1959.
224. Левандюк А. Т. Песчаные массивы северной части Западно-Туркменской низменности. Ашхабад, Изд-во АН ТуркмССР, 1963.
225. Леонов Б. Н., Гогина Н. И., Галабала Р. О. Верхние галечники и эйские отложения в бассейне рек Мархи и Гюнга. — В кн.: Матер. Всес. совещ. по изуч. четвертичн. периода, т. III. М., Изд-во АН СССР, 1961.
226. Леонтьев О. К. Геоморфология морских берегов и дна. М., Изд-во МГУ, 1955.
227. Леонтьев О. К. Основы геоморфологии морских берегов. М., Изд-во МГУ, 1961.
228. Ли Цзянь-сянь. Новый метод составления блок-диаграмм по топографическим и геологическим картам. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 6, 1955.
229. Линдберг Г. У. Биогеографический метод познания четвертичного периода. — «Изв. АН СССР», сер. биол., № 5, 1948.
230. Линдберг Г. У. Четвертичный период в свете биогеографических данных. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1955.
231. Линдберг Г. У. Биогеография и ее значение для решения палеогеографических проблем. — «Зоол. журнал», т. 44, вып. 1. М., 1965.
232. Лисицын А. П., Живаго А. В. Рельеф дна и осадки южной части Индийского океана. Сообщ. 1 и 2. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 2 и 3, 1958.
233. Лобанов А. Н. Фотопография, ч. 3. Наземная стереофотограмметрическая съемка. М., Военно-инж. акад. им. Куйбышева, 1947.
234. Логачев А. А. Курс магниторазведки. М., Госгеолиздат, 1951.
235. Лонгинов В. В. Некоторые закономерности динамики профиля галечниковых пляжей. М., 1954. (Тр. Ин-та океанол. АН СССР, т. X).
236. Лунгерсаузен Г. Ф., Поникаров В. П., Петрусевич М. Н. Аэрометоды и их значение для геологического исследования территории СССР. — «Сов. геология», № 49, 1955.

237. Лунц А. Я., Майоре Л. Л. Тяжелые минералы в литориновой аккумулятивной террасе на восточном побережье Рижского залива. Рига, 1960. (Тр. Ин-та геол. и полезн. ископ. ЛатвССР, т. 6).

238. Лютцау С. В. К анализу террасовых рядов. — «Уч. зап. МГУ», вып. 182, 1956.

239. Макеев П. С. Северо-восточные Каракумы по данным 1929 и 1930 гг. — В кн.: Каракумы. Л., Изд-во АН СССР, 1932.

240. Макеев П. С. К вопросу об образовании речных аккумулятивных террас. — «Изв. ВГО», т. 73, вып. 2, 1941.

241. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., Изд-во АН СССР, 1955.

242. Маккавеев Н. И. Взаимная связь гидрологических и геоморфологических исследований. — В кн.: Методы географич. исслед. М., Географгиз, 1960.

243. Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. 1. Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста. Пермь, 1963.

244. Малышев И. И. Закономерности образования и размещения месторождений титановых руд. М., Госгеолтехиздат, 1957.

245. Марков К. К. О геоморфологической карте. — «Геол. вестник», т. 7, вып. 1—3, 1929.

246. Марков К. К. Методика составления геоморфологических карт. М., 1947. (Тр. ИГ АН СССР, вып. 39).

247. Марков К. К. Основные проблемы геоморфологии. М., Географгиз, 1948.

248. Марковский Н. И. Новые угленосные районы восточной части Русской платформы. — «ДАН СССР», т. 108, № 6, 1956.

249. Маслов А. В. Способы и точность определения площадей. М., Геодезиздат, 1955.

250. Матвеева Г. В., Плотникова М. И. Новые данные по геоморфологии Среднего Тимана. — Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 29. Л., 1960.

251. Методика геоморфологического картирования. М., «Наука», 1965.

252. Методическое руководство по геоморфологическому картированию и производству геоморфологической съемки в м-бе 1 : 50 000—1 : 25 000. М., Изд-во МГУ, 1962. Авт.: Н. В. Башенина, О. К. Леонтьев, М. В. Пиотровский, Ю. Г. Симонов.

253. Методы геоморфологических исследований. Новосибирск, «Наука», 1967.

254. Методы дешифрирования аэрофотоматериалов при геологических исследованиях. М., «Недра», 1964.

255. Методы изучения тектонических структур. т. 1, 2. М., Изд-во АН СССР, 1960.

256. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений. Л., Гидрометеониздат, 1957.

257. Методы поисков и разведки полезных ископаемых (под общей ред. Г. Д. Ажририя, Б. К. Брещенкова, А. П. Прокофьева и Л. А. Русинова). Изд. 2-е. М., Госгеолтехиздат, 1954.

258. Мещеряков Ю. А. Об антрагении в рельефе Русской равнины антиклинальных структур типа валов и куполов. — «ДАН СССР», т. 79, № 2, 1951.

259. Мещеряков Ю. А. О полигенетических поверхностях выравнивания. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 1, 1959.

260. Мещеряков Ю. А. Применение геоморфологических методов при поисках нефти и газа. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959.

261. Мещеряков Ю. А. Полигенетические поверхности выравнивания юго-востока Русской равнины и их значение для анализа неотектоники. — В кн.: Неотектоника СССР. Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1961.

262. Мещеряков Ю. А. Крупные циклы в развитии рельефа платформенных равнин. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 2, 1963.

263. Мещеряков Ю. А. Структурная геоморфология равнинных стран. М., «Наука», 1965.

264. Миллер В. С., Миллер К. Аэрофотогология. Пер. с англ. М., «Мир», 1964.
265. Мирошниченко В. П. Аэрогеосъемка. М., Госгеолиздат, 1946.
266. Мирошниченко В. П. Опыт разработки и применения аэрометодов для изучения новейших и современных тектонических движений в пределах предгорных равнин аккумулятивно-эолового типа. М., Изд-во АН СССР, 1954. (Тр. Лабор. аэрометодов, т. 3).
267. Михайлов А. Е., Тихомиров В. Г. О методике использования аэрофотосъемочных материалов при геологической съемке в Центральном Казахстане. — «Сов. геология», № 42, 1955.
268. Момджи Г. С. Теоретические основы и методика поисков россыпных месторождений титана и циркония. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ. т. 4. М., Госгортехиздат, 1960.
269. Моралев П. М., Чешихин К. Г. Опыт составления полиминеральных шлиховых карт. — Бюлл. НТИ, № 4 (38). М., Госгеолтехиздат, 1962.
270. Морфометрический метод при геологических исследованиях. Ред. А. А. Корженевский, В. П. Философов. Саратов, Изд-во Сарат. ун-та, 1963.
271. Музылев С. А. Методическое руководство по геологической съемке и поискам. М., Госгеолтехиздат, 1956.
272. Мурзаев Э. М. Природа Синьцзяна и формирование пустынь Центральной Азии. М., «Наука», 1966.
273. Наблюдения над современными экзогенными геоморфологическими процессами в ледниковой зоне. — В кн.: Основные методич. указ. по гляциологии. исслед. МГГ. М., 1957.
274. Невесский Е. Н. Методика исследований прибрежных отложений при помощи вибропоршневой трубки. Тр. Ин-та океанол. АН СССР, т. 28. М., 1958.
275. Невесский Е. Н. Некоторые вопросы изучения условий концентрации и накопления тяжелых минералов в прибрежных морских песках. — В кн.: Вопросы накопления и распределения тяжелых минералов в прибрежно-морских песках. Рига, 1960. (Тр. Ин-та геол. и полезн. ископ. АН ЛатвССР, т. 6).
276. Невесский Е. Н., Щербаков Ф. А. Изучение процессов концентрации тяжелых минералов в связи с поисками прибрежных морских россыпей. — «ДАН СССР», т. 123, № 1, 1958.
277. Невесский Е. Н., Щербаков Ф. А. Концентрация тяжелых минералов в прибрежно-морских отложениях и некоторые вопросы россынеобразования. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., т. IV. М., Госгортехиздат, 1960.
278. Николаев В. А. Ландшафтное и отраслевое физико-географическое картографирование в комплексной экспедиции. — В кн.: Методы географических исследований. М., Географгиз, 1960.
279. Николаев Н. И. Подземные воды. — В кн.: Справочник путешественника и краеведа, т. II. М., Географгиз, 1950.
280. Николаев Н. И. Проточные воды. — В кн.: Справочник путешественника и краеведа. Там же, 1950.
281. Николаев Н. И. Методы изучения и принципы составления карт новейшей тектоники. — В кн.: Землеведение, т. V (XIV), нов. серия. М., 1960.
282. Николаев Н. И. Методы перспективных зарисовок. — В кн.: Карманная книга натуралиста и краеведа. М., Географгиз, 1961.
283. Николаев Н. И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР (вопросы региональной и теоретической неотектоники). М., Госгеолтехиздат, 1962.
284. Николаев Н. И., Шульц С. С. Карта новейшей тектоники СССР (в м-бе 1 : 5 000 000). — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 4, 1961.
285. Новые методы и аппаратура для исследований русловых процессов. М., Изд-во АН СССР, 1959.
286. Образование осадков в современных водоемах. М., Изд-во АН СССР, 1954. Авт.: Н. М. Страхов и др.
287. Обручев В. А. Полевая геология, т. I, т. II. М. — Л., Госгортехиздат, 1932.

288. Общее мерзлотоведение. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1940. Авт.: М. И. Сумгин, С. П. Качурин, Н. И. Толстухин, В. Ф. Туммель.

289. О генезисе, возрасте и классификации поверхностей выравнивания платформенных областей. — В кн.: Пробл. поверхностей выравнивания. М., «Наука», 1964. Авт.: Г. В. Вахрушев, Н. П. Варламов, А. Н. Олли, А. П. Рожественский.

290. О г и л ь в и А. А. Геоэлектрические методы изучения карста. М., Изд-во МГУ, 1956.

291. О г и л ь в и А. А. Геофизические методы исследований. М., Изд-во МГУ, 1962.

292. О з е р о в И. М. Шлиховая съемка и анализ шлихов. Л., Гостройтехиздат, 1959.

293. Основы геокриологии (мерзлотоведения), т. 1, Общая геокриология, М., Изд-во АН СССР, 1959.

294. Основы поисков россыпей. Л., Изд-во ЛГУ, 1961. Авт.: Г. А. Ильинский, М. И. Плотникова, Н. В. Разумихин и др.

295. Палеогеография междуречья Мархи и Тунга в кайнозой в связи с историей формирования алмазных россыпей (Восточная Сибирь). Л., 1963. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 90). Авт.: М. И. Плотникова, О. И. Кардопольцева, О. Г. Салтыков, В. Н. Уманец.

296. Палеогеография Приленского района в связи с формированием алмазных россыпей. — В кн.: Геология россыпей. М., «Наука», 1965. Авт.: М. И. Плотникова, О. И. Кардопольцева, В. А. Липатова и др.

297. П а л е ц к и й В. А. Основы и методы борьбы с песчаными заносами на Средне-Азиатской ж. д. — В кн.: Борьба с песчаными заносами на железных дорогах, вып. 90. М., 1928.

298. П а р м у з и н Ю. П. Опыт применения аэрометодов при геоморфологических исследованиях таежной полосы Средней Сибири. — В кн.: Вопр. географии, сб. 21. М., Географгиз, 1950.

299. П е н к В. Морфологический анализ. М., ИЛ, 1961.

300. П е р е л ь м а н А. И. Геохимия ландшафта. М., Географгиз, 1961.

301. П е т р о в М. П. Подвижные пески пустынь СССР и борьба с ними. М., Географгиз, 1950.

302. П е т р о в М. П. Пустыни СССР и их освоение. Л., «Наука», 1964.

303. П е т р о в М. П. Пустыни Центральной Азии. Л., «Наука», т. 1, 1966; т. 2, 1967.

304. П е т р у с е в и ч М. Н. Геологосъемочные и поисковые работы на основе аэрометодов. М., 1954.

305. П е т р у с е в и ч М. Н. Аэрометоды при геологических исследованиях. М., Госгеолтехиздат, 1961.

306. П е т р у с е в и ч М. Н. Аэрофотосъемка при структурно-геоморфологических исследованиях. — В кн.: Матер. КЮГЭ, вып. 7. Л., Гостоптехиздат, 1962.

307. П е т р у с е в и ч М. Н., К а з и к Л. И. Цветная аэрофотосъемка при геологическом картировании. — «Сов. геология», № 42, 1955.

308. П и о т р о в с к и й В. В. Геоморфология с основами геологии. М., Геодезиздат, 1961.

309. П и о т р о в с к и й М. В. Комплексное геолого-геоморфологическое картирование при поисково-разведочных работах на россыпи. — В кн.: Геоморфол. картирование. М., Изд-во АН СССР, 1963.

310. П и о т р о в с к и й М. В., С и н ю г и н а Е. Я. Геоморфологическое изучение россыпей и задачи его дальнейшего развития. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959.

311. П л о т н и к о в а М. И. О связи направлений изгибов долины р. Нижней Тунгуски с тектонической трещиноватостью. — Матер. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 7. Л., 1955.

312. П л о т н и к о в а М. И. О значении литологического метода для стратиграфического расчленения террасовых аллювиальных отложений в ледниковых и внеледниковых районах. — Матер. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 4. М., 1961.

313. Плотникова М. И., Уманец В. Н., Кардопольцева О. И. К вопросу о методике картирования высоких террас в бассейне среднего течения р. Мархи. — Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 54. Л., 1962.

314. Полевая геоботаника, М. — Л., Изд-во АН СССР, т. I, 1959; т. II, 1960; т. III, 1964.

315. Полевой стереометр ПС-1. М., Госгеолтехиздат, 1962.

316. Полевые геокриологические (мерзлотные) исследования. Методическое руководство. М., Изд-во АН СССР, 1961.

317. Полканова А. П. Геоморфологические исследования при нефтегазописковых работах. — В кн.: Сов. география в период строит. коммунизма. М., Географиз, 1963.

318. Половинкин А. А. География и рисование. — В кн.: Пособие по рисованию. М., Учпедгиз, 1952.

319. Полтараус Б. В. Актинометрические наблюдения при полевых микроклиматических исследованиях. — В кн.: Методы географических исследований. М., Географиз, 1960.

320. Попов А. И. Блочный рельеф на севере Западной Сибири и в Большеземельской тундре. — В кн.: Вопросы физической географии полярных стран, вып. 1. М., 1958.

321. Попов А. И. Мерзлотно-географические исследования на географическом факультете МГУ. — В кн.: Методы географических исследований. М., Географиз, 1960.

322. Попов А. И. Мерзлотные явления в земной коре (криолитология). М., Изд-во МГУ, 1967.

323. Попов В. И. Инженерная геология. Л., Изд-во ЛГУ, 1959.

324. Попов И. В. Методические основы исследований руслового процесса. Л., Гидрометеиздат, 1961.

325. Пособие по рисованию. М. — Л., Госстройиздат, 1938.

326. Пособие по фотограмметрическим работам при геологическом дешифрировании. Составители В. М. Воевода, В. А. Глиндзич, Л. М. Циккель. М., «Недра», 1967.

327. Почвенная съемка. Руководство по полевым исследованиям и картированию почв. М., Изд-во АН СССР, 1959.

328. Практическое руководство по проведению попутных поисков и разведочных работ на радиоактивные элементы. М., Госгеолтехиздат, 1954.

329. Прикладная геоморфология. — В кн.: Вопр. географии, сб. 52. М., Географиз, 1961.

330. Применение аэрометодов для геологических исследований морского дна. Краткое методическое руководство под ред. В. В. Шаркова и Д. М. Кудрицкого. Л., Гостехиздат, 1956.

331. Принципы геоморфологической съемки территории Таджикистана в масштабе 1 : 500 000. — «Уч. зап. САИГИМС», вып. 4, 1960. Авт.: В. А. Васильев, Н. П. Костенко, В. В. Лоскутов, О. К. Чедия.

332. Принципы построения единой скользящей легенды геоморфологических карт. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959. Авт.: А. Г. Доскач, Н. В. Думитрашко, С. Л. Кушев и др.

333. Проблемы комплексного изучения засушливых зон СССР. М., Изд-во АН СССР, 1963.

334. Прозоров М. А. и др. Геология россыпей. Под ред. Е. Т. Шаталова. Магадан, 1944.

335. Прокопчук Б. И., Суслов М. В. Алмазоносность верхнеюрских конгломератов на Сибирской платформе. — «Разведка и охрана недр», № 6. М., 1960.

336. Проходский С. И. О некоторых количественных методах структурно-геоморфологического анализа. — Изв. Харьк. отд. Геогр. о-ва СССР. Харьков, изд. Харьк. ун-та, 1963.

337. Пятнов В. И. Условия образования прибрежно-морских россыпей. — «Разведка и охрана недр», № 5, 1956.

338. Рагозин Л. А. Геоморфологические признаки проявления погребенных тектонических структур в Западно-Сибирской низменности. Новосибирск, 1960. (Тр. СНИИГИМС, № 10).

339. Разумихин Н. В. О распределении алмазов в продольном и поперечном профилях россыпи. — Матер. ВСЕГЕИ, нов. сер., вып. 40. Л., 1960.

340. Разумихин Н. В., Тимашкова З. Н. Экспериментальные данные о закономерностях распределения некоторых тяжелых минералов на различных морфологических элементах россыпи. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., IV. М., Госгеолтехиздат, 1960.

341. Разъяснения к укрупненным нормам для проектирования и единым порайонным единичным расценкам на геологоразведочные работы. М., Госгеолтехиздат, 1963.

342. Решение Первого расширенного пленума Межведомственной геоморфологической комиссии (18—25 апреля 1960 г.). М., 1960.

343. Решение III пленума Межведомственной геоморфологической комиссии при ОНЗ АН СССР. — В кн.: Методика геоморфол. картирования. М., «Наука», 1965.

344. Решение Экспертной комиссии секции геологии по вопросу о состоянии и путях улучшения методики работ по геоморфологическому картированию территории СССР. М., 1960.

345. Ритман А. Вулканы и их деятельность. Пер. с нем. М., «Мир», 1964.

346. Рихтер Г. Д. Снежный покров, его формирование и свойства. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1945.

347. Рихтер Г. Д., Долгушин Л. Д. Изучение снежного покрова. — В кн.: Справочник путешественника и краеведа, т. II. М., Географгиз, 1950.

348. Рожков И. С. Геоморфология и типы россыпей восточного склона Урала. — Матер. по геоморфологии Урала, вып. 1. М., Госгеолиздат, 1948.

349. Рожков И. С. Закономерности формирования россыпных месторождений восточной части Сибирской платформы. — В кн.: Закономерности размещ. м-ний в платформенных чехлах, ч. 2. Киев, 1960.

350. Рожков И. С., Михалев Г. П., Зарецкий Л. И. Алмазные россыпи Мало-Ботуобинского района Западной Якутии. (Условия их формирования, состав континентальных отложений и генетические типы). М., Изд-во АН СССР, 1963.

351. Рожков И. С., Русанов Б. С. Значение геоморфологического районирования при поисках россыпей. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., 1959.

352. Розанов Л. Н. Использование данных электроразведки для изучения геоморфологии. — «Прикл. геофизика», вып. 5, 1948.

353. Ронов А. Б. Некоторые общие закономерности развития колебательных движений материков (по данным объемного метода). — В кн.: Пробл. тектоники. М., Госгеолтехиздат, 1961.

354. Руководство по гляциологическим работам в горах. М., Гидрометеоздат, 1960.

355. Русанов Б. С. Аэрометоды геоморфологического картирования при поисках россыпей. М., 1951.

356. Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. Л., Гостоптехиздат, изд. 1-е, 1959; изд. 2-е, 1962.

357. Рыжиков Д. В. Природа карста и основные закономерности его развития. М., Изд-во АН СССР, 1954. (Тр. ГГИ, Уральск. фил. АН СССР).

358. Рыжов П. А. Проекция, применяемые в маркшейдерском деле. М., Углетехиздат, 1951.

359. Рюмин А. К. Специальная геоморфологическая карта при поисках россыпных полезных ископаемых. — «Изв. ВГО», т. 86, вып. 3. Л., 1954.

360. Рюмин А. К. Специальная геоморфологическая карта при поисках россыпей. — В кн.: Основы поисков россыпей. Л., Изд-во ЛГУ, 1961.

361. Саваренский Ф. П. Гидрогеология (изд. 2). М. — Л., 1935.

362. Садовников И. Ф. Почвенные исследования и составление почвенных карт. М., 1953.

363. Салищев К. А. Основы картоведения. Общая часть. М., Геодезиздат, 1959.

364. Салищев К. А. Основы картоведения. История картографии и картографические источники. М., Геодиздат, 1962.
365. Салищев К. А., Гедьмин А. В. Картография. М., Географгиз, 1955.
366. Сарсадских Н. Н. Поиски месторождений алмаза по минералам-спутникам. — Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 5. Л., 1958.
367. Сваричевская З. А. Легенда для геоморфологической карты крупного масштаба. ГЭНИИ ЛГУ. Л., 1937.
368. Сваричевская З. А. Принципы составления мелкомасштабной геоморфологической карты восточной части Казахстана и Средней Азии. — «Учен. зап. САИГИМС», вып. 4, 1960.
369. Сваричевская З. А. Геоморфологический анализ. — Основы поиска россыпей. Л., Изд-во ЛГУ, 1961.
370. Селиверстов Ю. П. Новейшая тектоника и рельеф Северо-Восточного Казахстана. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., 1959.
371. Селиверстов Ю. П. Основные этапы формирования рельефа Алтая. Л., 1960. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 33).
372. Селиверстов Ю. П. Основные черты геоморфологического строения северо-востока Казахстана. М., 1961. (Тр. ВСЕГЕИ, четвертич. геол. и геоморфол., вып. 4).
373. Селиверстов Ю. П. Основные принципы построения легенд и составления мелкомасштабных геоморфологических карт. — «Изв. ВГО», т. 95, № 5, 1963.
374. Серебряная Н. Р., Серебрянный Л. Р. Определение возраста ледниковых образований по степени их выветривания. — Бюлл. Комиссии по изуч. четвертич. пер., № 33. М., 1967.
375. Сетунская Л. Е. Опыт анализа продольных профилей рек в целях изучения тектонических движений. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 3, 1959.
376. Сеницын В. М. Палеогеография Азии. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1962.
377. Сеницын В. М. Древние климаты Евразии, ч. 1, палеоген и неоген. Л., Изд-во ЛГУ, 1965.
378. Скворцов Ю. А. К методике геоморфологической и четвертичной съемки. — «Пробл. сов. геологии», № 10, 1934.
379. Скворцов Ю. А. Метод геоморфологического анализа и картирования. — «Изв. АН СССР», сер. геогр. и геофиз., № 4—5, 1941.
380. Скворцов Ю. А. Методы геоморфологического анализа и картирования. М., 1948. (Тр. ИГ АН СССР, вып. 39).
381. Смольников Б. М. Опыт применения подземной электроразведки при исследовании карста. — Геофиз. сб. (Ин-т геофизики АН УССР), вып. 5. Киев, Изд-во АН УССР, 1963.
382. Соколов С. С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними, т. 1. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1948.
383. Современные экзогенные процессы. Тезисы докладов, ч. 1 и 2. Киев, «Наукова думка», 1968.
384. Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М., Госгеолтехиздат, 1962.
385. Соколов К. П. Геофизические методы разведки. М., «Недра», 1966.
386. Соколовский И. Л., Волков Н. Г. Методика поэтапного изучения неотектоники. Киев, «Наукова думка», 1965.
387. Соловов А. П. Основы теории и практики металлометрических съемок. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1959.
388. Соловьев А. М., Смирнов Г. Б., Алексеева Е. С. Учебный рисунок. М., «Искусство», 1953.
389. Соловьев П. А. Аласный рельеф Центральной Якутии. В сб.: Многолетнемерзлые породы и сопутствующие им явления на территории Якутской АССР. М., Изд-во АН СССР, 1962.
390. Сорокин Л. В. Гравиметрия и гравиметрическая съемка. М. — Л., Гостехиздат, 1953.

391. С п и р и д о н о в А. И. Геоморфологическое картографирование. М., Географгиз, 1952.

392. С п и р и д о н о в А. И. Опыт составления геоморфологических карт разных масштабов (1:50 000, 1:200 000 и 1:1 000 000) в единой легенде. — «Вестник МГУ», сер. биол., почв., геол., геогр., № 3, 1958.

393. С п и р и д о н о в А. И. О геоморфологической таксономии и некоторых основных геоморфологических понятиях. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 4, 1961.

394. С п и р и д о н о в А. И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований. М., Изд-во МГУ, ч. I, 1960; ч. II, 1959; ч. III, вып. 1, вып. 2, 1963.

395. Справочник сметных норм на геологоразведочные работы по статьям основных расходов. М., Госгеолтехиздат, 1960.

396. Справочник укрупненных норм для проектирования геологоразведочных работ, вып. 1. М., Госгеолтехиздат, 1960.

397. Справочные материалы по заработной плате для составления смет на геологоразведочные работы. М., Госгеолтехиздат, 1961.

398. Спутник полевого геолога-нефтяника, т. I и II. Л., Гостоптехиздат, 1964.

399. Спутник туриста. М., «Физкультура и спорт», 1963.

400. Старицкий Ю. Г. Применение вертолета для геологических исследований (по данным иностранной литературы). М. — Л., 1955. (Тр. Лабор. аэрометодов АН СССР, т. 4).

401. Стереовысотомер СВ-5. М., Госгеолтехиздат, 1962.

402. Стрелков С. А. О двух принципиальных направлениях в геоморфологическом картировании и о понятии общих геоморфологических карт. — «Геология и геофизика», № 5, 1960.

403. Стрелков С. А. Север Сибири. М., «Наука», 1965.

404. Стрелков С. А., Загорская Н. Г. Принципы и методика составления генетической геоморфологической карты центральной части севера СССР в м-бе 1:2 500 000. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959.

405. Структурно-геоморфологические исследования в Прикаспии. Л., Гостоптехиздат, 1962.

406. Сухарина А. Н. Золотокиятская элювиальная россыпь пльменита в Кузнецком Алатау. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., IV. М., Госгортехиздат, 1960.

407. Твенгофел У. Х. Учение об образовании осадков. М., ОНТИ, 1936.

408. Тезисы докладов Всесоюзного межведомственного совещания по изучению краевых образований материкового оледенения. Смоленск, 1968.

409. Тимофеев В. Д. Простейший изометрограф. М. — Л. Госгеолиздат, 1946.

410. Толчан Я. Киносъемочная аппаратура. М., 1950.

411. Тронов М. В. Вопросы горной гляциологии. М., Географгиз, 1954.

412. Тронов М. В. Проблемы развития ледников. Томск. Изд-во Томск. ун-та, 1960.

413. Трофимов А. М. К вопросу об эрозионном развитии склонов. — «Учен. зап. Казанск. ун-та», т. 123, кн. 3, 1963.

414. Трофимов В. С. Генетические типы россыпей и закономерности их размещения. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., IV. М., Госгортехиздат, 1960.

415. Трофимов В. С. Прибрежно-морские россыпи и условия их возникновения. — В кн.: Вопр. накопл. и распредел. тяж. минер. в прибрежно-морских песках. Рига, 1960. (Тр. Ин-та геол. и полезн. ископ. АН ЛатвССР, VI).

416. Трунин Ю. М., Воевода В. М. Некоторые вопросы методики работы на геологическом стереометре ГС-2. — «Бюлл. НТИ ВИЭМС», № 1 (54). М., «Недра», 1965.

417. Трунин Ю. М., Брюханов В. Н., Воевода В. М. Прибор для решения по аэроснимкам комплекса геологических задач. — «Бюлл. НИИ МГиОН», № 5/33. М., Госгеолтехиздат, 1961.
418. Трунин Ю. М., Ермаков Е. Г. Палетка-параллаксометр. — Там же, 1961.
419. Тумель В. Ф. К истории вечной мерзлоты в СССР. М., 1946. (Тр. ИГ АН СССР, вып. 37).
420. Удинцев Г. Б. К методике эхометрической съемки при морских геологических исследованиях. М., 1951. (Тр. Ин-та океанол. АН СССР, т. V).
421. Ульст В. Некоторые типы концентратов тяжелых минералов Латвийского побережья Балтийского моря. — «Изв. АН ЛатвССР», № 10, 1959.
422. Уманец В. Н., Плотникова М. И. К вопросу об оптимальном режиме отмычки шлихов при поисках алмазов. — Матер. ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 4, 1960.
423. Успенская Н. Ю. Нефтегазоносность палеозоя Северо-Американской платформы. М. — Л., Гостоптехиздат, 1950.
424. Ушаков Г. А. Зубчатый аффинограф для составления наглядных маркшейдерских планов. — «Горн. журнал», № 11, 1953.
425. Ушаков И. Н. Горная геометрия. М., Углетехиздат, 1951.
426. Файнер Ю. Б. О механизме переноса титано-циркониевых минералов. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., IV. М., Госгортехиздат, 1960.
427. Файнштейн Г. Х. Закономерности формирования и размещения алмазных россыпей западной Якутии. — В кн.: Матер. по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР, вып. IX. М., Госгеолтехиздат, 1962.
428. Файнштейн Г. Х. Фации и палеогеография нижнелейасовых отложений алмазосных районов северо-восточной части Ангаро-Вилюйского прогиба. — В кн.: Матер. по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР, вып. VIII. Якутск, Якутское книжное изд-во, 1962.
429. Файнштейн Г. Х., Одинцова М. М. Закономерности размещения россыпных месторождений алмазов в северной и центральной частях Сибирской платформы. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., IV. М., Госгортехиздат, 1960.
430. Федорович Б. А. Вопросы происхождения и формирования песчаного рельефа пустынь. М., 1948. (Тр. ИГ АН СССР, вып. 39).
431. Федорович Б. А. Изучение работы ветра, исследование песков и лёсса. — В кн.: Справочник путешественника и краеведа, т. II. М., Географгиз, 1950.
432. Федорович Б. А. Геоморфологическая карта СССР в м-бе 1 : 4 000 000. — Матер. 2-го геоморфол. совещ., М., 1959.
433. Физико-географический атлас мира. М., ГУГК МГ СССР, 1964.
434. Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов, Изд-во Саратов. ун-та, 1960.
435. Флинт Р. Ф. Ледники и палеогеография плейстоцена. М., ИЛ, 1963.
436. Формозов А. Н. Влияние деятельности животных на формирование земной поверхности и почвообразование. — В кн.: Справочник путешественника и краеведа, т. II. М., Географгиз, 1950.
437. Хабаров А. В. Динамическая палеогеография, ее задачи и возможности. М., Географгиз, 1948. (Тр. 2-го Всес. геогр. съезда, т. II).
438. Хани В. Е., Милановский Е. Е. Основные черты современного рельефа земной поверхности и неотектоника. — Бюлл. МОИП, отд. геол. т. XXXI (3 и 4). М., Изд-во МГУ, 1956.
439. Хортон Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии. М., ИЛ, 1948.
440. Чайка В. И. Докембрийские титано-циркониевые россыпи рифейского поднятия Урал-Тау. — В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископ., IV. М., Госгортехиздат, 1960.
441. Чарушин Г. В. Типы трещин осадочных пород платформ, методика их изучения и очередные задачи в области инженерной геологии. Иркутск, 1959. (Тр. 2-го совещ. по подземным водам и инженерной геологии Вост. Сибири, вып. III).

442. Ч а р у ш и н Г. В. О связи гидросети и тектоники в Иркутском амфитеатре. — «Изв. ВГО», т. 92, вып. 5. М., 1960.

443. Ч е л ь ц о в - Б е б у т о в А. М. Некоторые вопросы зоогеографии и полевых зоогеографических исследований. — В кн.: Методы географич. исслед. М., Географгиз, 1960.

444. Ч е м е к о в Ю. Ф. Древние поверхности денудационного выравнивания Приамурья и сопредельных территорий. — «ДАН СССР», т. 127, № 1, 1959.

445. Ч е м е к о в Ю. Ф. Древние оледенения Дальнего Востока СССР. — Матер. по четвертичной геологии и геоморфологии СССР, № 3. Л., ОНТИ ВСЕГЕИ, 1961. (Тр. ВСЕГЕИ).

446. Ч е м е к о в Ю. Ф. Проблемы четвертичного оледенения Северо-Востока и Дальнего Востока СССР. — В кн.: Пробл. четвертич. оледенения Сибири и Дальнего Востока. Л., ОНТИ ВСЕГЕИ, 1961. (Тр. ВСЕГЕИ, т. 54).

447. Ч е м е к о в Ю. Ф. Четвертичные трансгрессии дальневосточных морей и северной части Тихого океана. — В кн.: Морские берега. Таллин, Изд-во АН ЭстССР, 1961. (Тр. Ин-та геол. АН ЭстССР, т. VIII).

448. Ч е м е к о в Ю. Ф. Неотектоника Приамурья и смежных территорий (Дальний Восток СССР). — «ДАН СССР», т. 137, № 3, 1961.

449. Ч е м е к о в Ю. Ф. Морфология, генезис, возраст и условия формирования древних поверхностей денудационного выравнивания на юге Дальнего Востока СССР. Л., 1963. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 90).

450. Ч е м е к о в Ю. Ф. Происхождение и развитие поверхностей выравнивания в складчатых областях. — В кн.: Пробл. поверхностей выравнивания. М., Изд-во АН СССР, 1964.

451. Ч е м е к о в Ю. Ф. Геоморфологические циклы. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 4, 1964.

452. Ч е м е к о в Ю. Ф. Геоморфологические циклы (на примере Сибири и Дальнего Востока). — В кн.: Методы геоморфол. исслед. Матер. Всес. совещ. по геоморфологии и неотектонике Сибири и Дальнего Востока, т. 1. Новосибирск, «Наука», 1967.

453. Ч е м е к о в Ю. Ф. Проблема возраста рельефа и методы его определения. — «Изв. ВГО», т. 100, № 4. Л., 1968.

454. Ч е м е к о в Ю. Ф. Базисы денудации и аккумуляции. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 1, 1969.

455. Ч о ч и а Н. Г. Организация и методика геолого-геоморфологических исследований для поисков структур на севере Западной Сибири. — «Бюлл. НТИ, ОНТИ ВИМС», № 2. М., Госгеолтехиздат, 1960.

456. Ш а й д е г г е р А. Е. Теоретическая геоморфология. М., «Прогресс», 1964.

457. Ш а н ц е р Е. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. М., 1951. (Тр. ИГН АН СССР, вып. 135, № 55).

458. Ш а н ц е р Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М., 1966. (Тр. ГИН АН СССР, вып. 161).

459. Ш а р к о в В. В. Опыт использования аэрометодов при геолого-геоморфологических исследованиях в условиях Голодной степи Казахстана. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1950. (Тр. Лабор. аэрометодов АН СССР, т. II).

460. Ш а р к о в В. В. Геология подводного склона западного берега Каспийского моря (от г. Махачкала до устья р. Куры). М. — Л., «Наука», 1964.

461. Ш а р к о в В. В., Г у р ь е в а С. И. Выявление нефтегазоносных площадей. — В кн.: Аэрометоды изучения природных ресурсов. М., Географгиз, 1962.

462. Ш и л о Н. А. Особенности образования россыпей в зоне развития вечной мерзлоты. — «Сов. геология», № 53, 1956.

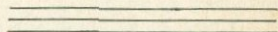
463. Ш и л о Н. А. Некоторые принципы классификации россыпных проявлений. Магадан, 1958. (Тр. ВНИИ-1, вып. 36).

464. Ш и л о Н. А., К а р т а ш о в И. П. Использование геоморфологических методов при поисках россыпных месторождений золота на Северо-Востоке СССР. — Матер. 2-го геоморфол. совещ. М., ОГГН АН СССР, 1959.

465. Ш р о к Р. Последовательность в свитах слоистых пород. Пер. с англ. М., ИЛ, 1950.

466. Шульц С. С. К вопросу о генезисе и морфологии речных террас. М., 1934. (Тр. Комиссии по изуч. четвертич. пер., т. 3, вып. 3).
467. Шульц С. С. Опыт генетической классификации речных террас. — «Изв. ВГО», т. 72, вып. 6, 1940.
468. Шульц С. С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. М., Географгиз, 1948.
469. Шульц С. С. Геоструктурные области и положение в структуре Земли областей горообразования по данным новейшей тектоники СССР. — В кн.: Активизир. зоны земной коры, новейшие тектонич. движения и сейсмичность. М., «Наука», 1964.
470. Шульц С. С., Эпштейн С. В. О задачах и месте геоморфологической съемки и съемки четвертичных отложений в комплексе работ по государственному геологическому картированию. — Матер. ВСЕГЕИ, вып. 27. Л., 1959.
471. Шумский П. А. Основы структурного ледоведения. М., Изд-во АН СССР, 1955.
472. Щукин И. С. Опыт генетической классификации типов рельефа. — Вопр. географии, сб. 1. М., Географгиз, 1946.
473. Щукин И. С. Вопросы происхождения рельефа пустынь. М., 1948. (Тр. ИГ АН СССР, вып. 39).
474. Щукин И. С. Геоморфологические исследования. — В кн.: Справочник путешественника и краеведа, т. II. М., Географгиз, 1950.
475. Щукин И. С. К вопросу о принципах построения классификации форм рельефа и ее использовании для геоморфологического картирования. — «Вестник МГУ», география, № 2, 1962.
476. Щукин И. С. Общая геоморфология. М., Изд-во МГУ, т. 1, 1960; т. 2, 1964.
477. Эдельштейн Я. С. Основы геоморфологии. М., Госгеолиздат, 1947.
478. Эдельштейн Я. С. Краткое методическое руководство для производства геоморфологических наблюдений в поле. М. — Л., Госгеолиздат, 1947.
479. Экспериментальная геоморфология. М., Изд-во МГУ, 1961. Авт.: Н. И. Маккавеев, Н. В. Хмелева, И. Р. Заптов, Н. В. Лебедева.
480. Эпштейн С. В. Отчет о деятельности постоянной Междугосударственной геоморфологической комиссии за 1956—1958 гг. — «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 2, 1959.
481. Эпштейн С. В. Проект единой легенды для геоморфологических карт съемочных масштабов. — В кн.: Методика геоморфологического картирования. М., «Наука», 1965.
482. Яковлев С. А. Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. М., Госгеолтехиздат, ч. I, 1954; ч. II, 1955.
483. Adler R. Über Klüfte und Kleinstörungen in ihrer Bedeutung für die Morphologie. — Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Stuttgart, 1957.
484. Beetz W. Processes of concentration alluvial and allied diamond placers of South-West, South, Central and East Africa. — Congres International des mines, de la métallurgie et de la géologie appliquée, 6 Sess. Liege, 1930.
485. Brown C. B., Debenham F. Structure and surface. London, 1929.
486. Carey S. W., Ahmad N. Glacial Marine Sedimentation. — Geology of Arctic, vol. 2, Univ. of Toronto Press. Canada, 1961.
487. Compton R. R. Manual of field geology. New York — London, Wiley, 1962.
488. Cox A., Doell R. R., Dalrymple G. B. Quaternary paleomagnetic stratigraphy. — In: The Quaternary of the United States. Princeton, Princeton Univ. Press, 1965.
489. Donn W. L., Shimer J. A. Graphic methods in structural geology. — New York, 1958.
490. Engeln O. D. Geomorphology systematic and regional. New York, 1942.

491. Field S. M. Diamond pipes in Canada. — *Canad. Min. Journ.*, Gardenvale, vol. 71, № 7, 1950.
492. Jovanović P. S. Les profils fluviatiles en long. Leurs formes et leur genèse, Essai des methoeds morphogenique nouvelles. Paris, 1940.
493. King C. A. M. Techniques in Geomorphology. London, 1967.
494. Kunsky J. Zemépisný nákres. Blokdiagram. Praha, 1949.
495. Lahee F. H. Field geology. 6th ed. New York, 1961.
496. Lobeck A. K. Block-diagrams and other graphic methods used in geology and geography. New York, 1 ed., 1924; 2ed., 1958.
497. Low J. W. Geologic field methods. New York, 1957.
498. Pettijohn F. J. Sedimentary rocks. New York, 1957.
499. Pitman W. C., Heirtzler J. R. Magnetic Anomalies over the Pacific-Antarctic Ridge. — *Science*, vol. 154, № 3753. Washington, 1966.
500. Pliocene geomagnetic polarity epochs. — *Earth and Planet. Sci. Letters*, vol. 2, № 3. Amsterdam, 1967. By: G. B. Dalrymple, A. Cox, R. R. Dorell a. o.
501. Radiocarbon dating of ice. — *Earth and Planet. Sci. Letters*, vol. 1, N-2. Amsterdam, 1966. By: H. Oeschger, B. Alder, H. Loesli a. o.
502. Ray R. G. Areal photographs in geologic interpretation and mapping. — *Geol. surv. prof. paper* 373. Washington, 1960.
503. Schuster M. Das geographische und geologische Blockbild. Berlin, Akad. Verl., 1954.
504. Wagner P. A. Die Diamantführenden Gesteine Südafrikas. Berlin, 1909.
505. Wood A. The development of hillside slopes. — *Proc. Geol. Ass.*, vol. 53, 1942, p. 120—140.



**ТРЕБОВАНИЯ К ОТБОРУ ПРОБ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА
ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО C^{14}
(МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ)***

Тип пробы. Для датирования по радиоуглеродному методу применяются следующие углеродсодержащие вещества: древесина, древесный уголь, торф, различные растительные и животные остатки, гиттия, гумусированная почва, горелая и необожженная кость, раковины моллюсков, морские и пресноводные отложения с большим содержанием карбоната кальция (мергель, известковый туф и т. д.).

Пригодность того или иного материала для датирования в сильной степени зависит от возраста образца. Древние образцы содержат мало C^{14} . Например, образец с возрастом 37 тыс. лет содержит около 1% первоначального количества C^{14} , а образец с возрастом 57 тыс. лет — лишь около 0,1%. Поэтому для образцов с возрастом 57 тыс. лет опасно проникновение даже 0,1—0,2% (от веса углерода образца) современного или молодого углерода, например в виде гуминовых кислот или корешков растений. Таким образом, чем древнее проба, тем меньше современного или молодого углерода необходимо, чтобы существенно исказить ее возраст.

Самыми надежными пробами являются древесина и крупные обломки древесного угля. Возможные загрязняющие вещества (гуминовые кислоты, корешки растений) могут быть удалены из этих материалов при последующей лабораторной обработке. Поэтому при датировании древних отложений необходимо стремиться отбирать именно эти типы проб. Сильно измененный уголь является менее желательным материалом, так как он может содержать посторонний углерод. Торф из-за трудности удаления корешков по сравнению с древесиной и древесным углем также является менее предпочтительным материалом при датировании древних отложений, но для датирования сравнительно молодых отложений (до 30—40 тыс. лет) он вполне пригоден.

Такие типы проб, как гумусированная глина, ископаемые почвы и гиттия, значительно менее надежны, чем древесина, уголь и торф. Датирование этих проб в большинстве случаев осуществляется по гуминовым кислотам, экстрагированным из этих проб. Поскольку в составе гуминовых кислот частично могут содержаться посторонние гуминовые кислоты, просочившиеся вместе с грунтовыми водами из других горизонтов, эти типы проб следует отбирать в редких случаях, когда нет древесины, угля и торфа и когда возраст отложений не превышает 30—40 тыс. лет.

Из карбонатных проб наиболее подходящими для датирования являются крупные, относительно хорошо сохранившиеся раковины моллюсков. Наряду с раковинами для определения возраста используются мергель, известковые туфы, морские и океанические отложения, содержащие карбонаты. Поскольку карбонатные пробы по сравнению с органическими легче подвергаются загрязнению более молодым углеродом (преимущественно путем обмена с карбонатами окружающей среды), надежный возраст по карбонатным пробам может быть получен лишь для сравнительно молодых отложений (с возрастом 30—40 тыс. лет). Однако когда активность C^{14} этих проб слишком мала и не детектируется счетчиком, то получаемые в этом случае предельные возрасты (например, >50 тыс. лет) при отсутствии загрязнения вполне надежны.

* Печатается с сокращениями из инструкции Х. А. Арсланова одноименного названия. (Л., 1967, ВСЕГЕ II).

Кости и рога как пористый материал с малым содержанием органического углерода склонны к адсорбции посторонних веществ из окружающей среды, в том числе и растворенных и коллоидных органических веществ. Из всех материалов, применяемых для определения возраста по C^{14} , кости и рога являются наименее надежными материалом. В редких случаях они могут быть применены лишь для датирования молодых голоценовых отложений, для которых влияние загрязняющего углерода еще не так велико.

Количество пробы. Вес пробы зависит от возраста датируемой породы (табл. 1).

Таблица 1

Вес проб для датирования по C^{14} , г

Тип пробы	Минимальный вес пробы в сухом виде *	Оптимальный вес пробы в сухом виде
Для датирования образцов 30—40 тыс. лет		
Уголь	50	100
Древесина	150	600
Торф	200	600
Гиттия или сильно гумусированная почва	4000	8000—10 000
Раковины моллюсков	200	600
Прочие карбонаты	500	2000
Для датирования образцов 40—60 тыс. лет		
Уголь	200	400
Древесина	1000	2000
Торф	1500	3000
Раковины моллюсков	1000	2000

* При упаковке пробы во влажном виде ее вес должен превышать вес сухой пробы в 3—4 раза.

Упаковка пробы. Пробы после отбора необходимо очистить от инородных тел и высушить. Чтобы избежать загрязнения современным углеродом, высушивать пробы на открытом воздухе не рекомендуется. Пробы угля, древесины, торфа, почвы и других органических остатков после сушки (а в случае невозможности последней — во влажном состоянии) следует упаковать в стеклянные банки с плотной крышкой или в двойные полиэтиленовые или полихлорвиниловые мешки. Мыть пробы после отбора не рекомендуется, так как они могут покрыться плесенью. По этой же причине влажные образцы не должны долго находиться на открытом воздухе, их следует упаковать сразу после отбора. Карбонатные образцы следует упаковать в банки с плотной крышкой, обеспечивающей герметичность.

Упаковка проб в бумагу, вату, тряпки, картонные или фанерные коробки недопустима, так как указанные материалы в значительной мере состоят из современного углерода.

Взятие проб для определения абсолютного возраста должно сопровождаться детальным послойным изучением разрезов с отбором проб для палеонтологического и палеодиатомологического анализов, а также сбором и определением остатков фауны и флоры.

К отправляемому в лабораторию образцу прилагается паспорт, в котором должны быть отмечены место и время взятия образца, глубина залегания его от дневной поверхности, схематическая зарисовка и описание разреза, характер растительного покрова на поверхности, глубина проникновения корневой

системы, уровень грунтовых вод, тип и состав вмещающей породы, возможность переотложения образца. Кроме того, к каждой партии проб, направляемых в лабораторию, прилагается ведомость (табл. 2).

Таблица 2

Ведомость проб, направляемых в лабораторию для определения возраста четвертичных отложений по C^{14}

№ п/п	№ проб	Место-нахождение	№ обнаж. или выработок	Глубина взятия от дневной поверхности, м	Порода	Тип пробы	Примечание
1	28а	Склон холма на правом берегу р. Цны	Шурф № 42	7	Суглинок	Древесина	Отпечаток листа, найденный в глине, передан для определения в Ботанический ин-т

Начальник партии

(подпись)

Пробы принял

(подпись)

« ————— » 197 — г.

Приложение 2

КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОТБОРУ ПРОБ ИЗ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПАЛЕОПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ И ПАЛЕОДИАТОМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ *

Палеопалинологический метод широко применяется при изучении четвертичных отложений для их стратиграфического расчленения и корреляции разрезов, а также при различных палеогеографических построениях. Этот метод особенно эффективен в сочетании с палеодиатомологическими ** исследованиями, дающими представление о температурном режиме и степени солености существовавших ранее бассейнов, что позволяет делать выводы о генезисе изучаемых отложений. Поэтому для полноты характеристики разреза четвертичных отложений следует отбирать из одних и тех же горизонтов.

При отборе проб необходимо соблюдать следующие условия.

* Перепечатка инструкции К. В. Желубовской одноименного названия. (Л., 1967, ВСЕГЕИ).

** Термины «палеопалинологический» и «палеодиатомологический» предложены И. М. Покровской. — *Прим. ред.*

1. Взятие проб вести с таким расчетом, чтобы охарактеризовать анализами все генетические типы развитых в изучаемом районе четвертичных отложений.

2. Отбирать пробы из наиболее полных разрезов, особенно детально опробуя разрезы, принятые за опорные.

3. Брать пробы вертикальными сериями, чтобы охарактеризовать прослойно весь разрез. Брать единичные изолированные пробы не рекомендуется, так как результаты их анализа не дают представления о развитии и последовательной смене наземной растительности и диатомовой флоры, а следовательно, не позволяют делать стратиграфические выводы и использовать полученные данные для корреляции.

4. При отборе проб следует обращать особое внимание на породы, содержащие остатки фауны или флоры и на прослойки органогенного материала (погребенные почвы, погребенные торфяники, диатомовые илы и т. д.).

5. Необходимо подвергать палеопалинологическим исследованиям торфяники. Палеодиатомологические исследования торфяников проводят лишь в тех случаях, когда требуется уточнить их генезис (например, выяснить, имел ли подвергшийся заболачиванию водоем связь с морским бассейном и т. п.).

Пробы в торфянике надо брать по всей его мощности и обязательно из подстилающей породы. Если пробы берутся с помощью бурового инструмента, то после взятия каждой пробы бур должен быть тщательно очищен — промыт и протерт.

6. При сопоставлении палеогеографических условий с современными следует для палинологических исследований брать поверхностные пробы из современного почвенного или дернового слоя (мощностью 1,5—2 см), а для диатомологических исследований — пробы донных осадков, планктона и бентоса современных водоемов.

7. Пробы отбирать очень тщательно, из хорошо расчищенных обнажений или стенок выработок, снизу вверх по разрезу, чтобы избежать заноса материала из верхних горизонтов в нижние. При взятии проб из керна поверхность его должна быть предварительно зачищена.

8. Пробы для палеопалинологических и палеодиатомологических исследований надо брать в достаточном количестве для проведения основного, повторного и контрольного анализов. В зависимости от литологического состава породы пробы должны иметь следующий вес, г:

Песок и супесь	500
Глина и суглинок	300
Торф	50
Диатомит	50

Интервалы между пробами также зависят от состава породы. Величина интервалов (см), не более:

Среднезернистые пески	50
Тонкозернистые пески и супеси	15—20
Глины и суглинки	10
Плохо разложившийся торф	25
Хорошо разложившийся уплотненный торф	5
Диатомиты	15—20

В исследуемом геологическом разрезе могут встретиться прослойки пород, имеющие меньшую мощность, чем интервалы, рекомендуемые для отбора проб. В этом случае желательно, чтобы проба была взята из каждого прослоя (из его средней части). Если порода содержит примесь органогенного материала, то проба должна быть взята обязательно, независимо от мощности прослоя.

9. Пробы должны быть аккуратно упакованы в мешочки из плотной ткани, пробы торфа предварительно завернуты в пергамент или восковку. На мешочки подписывают название партии, номера обнажения и пробы, а внутрь его вкла-

Ведомость

проб, направляемых на _____ анализ

Организация _____ Экспедиция _____ Партия _____

№ п/п	№ пробы	Местонахождение	№ обн. (шурфа, скв.)	Глубина взятия пробы, м	Порода	Предполагаемые возраст и генезис	Геоморфологическое положение	Абсолютные и относительные высоты взятия пробы абс. / отн. , м	Примечание
5	24	Правый берег р. Чусовой	Шурф № 18	7	Суглинок светло-серый	Аллювий, Q _{IV}	Уступ I надпойменной террасы	$\frac{415}{18}$	В суглинке содержатся отпечатки листьев

Начальник партии _____ (подпись)

Пробы принял _____ (подпись)

дывают завернутую в бумагу этикетку. На этикетке указывают основные сведения о пробе:

Министерство
Организация (институт, управление и т. д.)
Экспедиция
Партия
Местонахождение
№ обнажения (расчистки, скважины и т. п.)
№ пробы
Глубина взятия
Название породы
Предполагаемые генезис и возраст
Дата взятия пробы
Фамилия и подпись взявшего пробу

10. Взятие проб должно сопровождаться тщательной, точной и достаточно полной документацией. Основным полевым документом является дневник (полевой журнал). В записях приводятся сведения о местонахождении опробованного объекта (обнажения, скважины, шурфа и т. п.), абсолютные и относительные высоты места взятия, данные о геоморфологии участка, послойное описание опробованного разреза (литологические особенности, мощности и пр.), соображения о возрасте, генезисе и т. д. Описание иллюстрируется схематической зарисовкой и желателен фотографии. На зарисовке должны быть показаны места взятия всех проб и места находок органических остатков.

11. Направленные на исследования пробы снабжают сопроводительной ведомостью, которая составляется по форме, приводимой в таблице.

12. Пробы на палеопалинологические и палеодиатомологические исследования должны быть упакованы отдельно и снабжены отдельными сопроводительными ведомостями.

13. Результаты палеопалинологических и палеодиатомологических исследований следует сопоставить с результатами изучения других палеонтологических остатков.

Приложение 3

МЕТОДИКА ВЗЯТИЯ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(из книги А. Н. Храмова и Л. Е. Шолло «Палеомагнетизм», М., Недра, 1967)

Общие положения

Отбор образцов из эффузивных серий ведется последовательно по разрезу каждого потока (покрова) с интервалами в 0,5—2 м истинной мощности. При этом $\frac{2}{3}$ образцов должно быть отобрано в центральной части и $\frac{1}{3}$ в крайних частях каждого потока.

Ориентированные образцы осадочных пород отбираются примерно через равные интервалы истинной мощности, которые зависят от скорости накопления осадка и не должны превышать 20 м.

В среднем для платформенных образований можно принять интервалы отбора 1—5, для геосинклинальных 5—10 м.

При изучении эффузивно-осадочных серий наряду с образцами лав и нормальных осадочных пород обязательно нужно отбирать образцы осадочных пород, обожженных лавовыми потоками или покровами, в особенности обожженных красных глин.

Отбор образцов из пластовых интрузий и даек ведется следующим образом: интрузивное тело пересекается вкрест простираения несколькими профилями, по которым равномерно отбираются образцы; кроме того, проводится отбор

образцов по простирацию тела из его центральной части. Образцы из крупного интрузивного тела следует отбирать из нескольких обнажений в различных частях этого тела.

Породы, из которых отбираются образцы, по возможности не должны иметь признаков вторичных изменений или должны иметь их в минимальной степени.

При изучении пестроцветных осадочных толщ образцы, как правило, следует отбирать из пластов глин, алевролитов, алевроитов и мергелей красной, коричневой и серой окраски. Однако при серийном отборе следует избегать вторично окрашенных красноцветных пород. Основной полевой признак вторичной окраски — ее несогласованность со слоистостью: вторичная окраска заходит за границы пласта, причем сам пласт часто неоднороден по окраске. При отборе серийных образцов следует также избегать приконтактовых зон более поздних интрузий.

Образцы измененных и обожженных пород отбираются для специальных исследований (например, для изучения природы обратной намагниченности) и в палеомагнитную серию входить не должны. Исключение, как указано выше, делается для пород, обожженных лавовыми потоками и покровами.

На каждом обнажении через 5—6 точек, расположенных по вертикали, следует отбирать 5—6 образцов по простирацию, строго на одном и том же стратиграфическом уровне. Эти образцы берутся в различных точках на таком расстоянии, которое допускает данное обнажение.

Обнажения должны быть привязаны к местности, подробно описаны и зарисованы в полевом дневнике с указанием точек отбора образцов.

Отбор образцов твердых горных пород

Отбор образцов твердых пород следует вести в следующем порядке.

1. В обнажении в пределах участка, намеченного для отбора образцов, выбрать место с наиболее свежей породой. Если нужно, удалить выветрелую породу.

2. От обнажения отбить образец нужной формы и размера с плоской внешней гранью — плоскостью маркировки.

3. Используя неровности излома, приставить образец к обнажению так, чтобы он занял свое первоначальное положение.

4. После такого совмещения на плоскость маркировки наклеить кусок лейкопластыря размером 2×2 см или больше, в зависимости от размера образца.

5. Приложить горный компас длинной стороной к плоскости маркировки, установив дно компаса вертикально (чтобы отвес свободно двигался). Сохраняя вертикальное положение компаса, повернуть его так, чтобы отвес остановился на нулевом делении. Затем по длинной стороне компаса на лейкопластыре провести карандашом горизонтальную линию (см. рисунок, а).

6. Установить компас так, чтобы его южная сторона (против южного лимба) совпала с прочерченной линией, а дно легко на плоскость маркировки. Провести вдоль длинной стороны компаса черту со стрелкой, указывающей вниз, — линию падения плоскости маркировки (см. рисунок, б). Обе линии следует чертить по возможности длиннее, используя всю ровную часть поверхности маркировки.

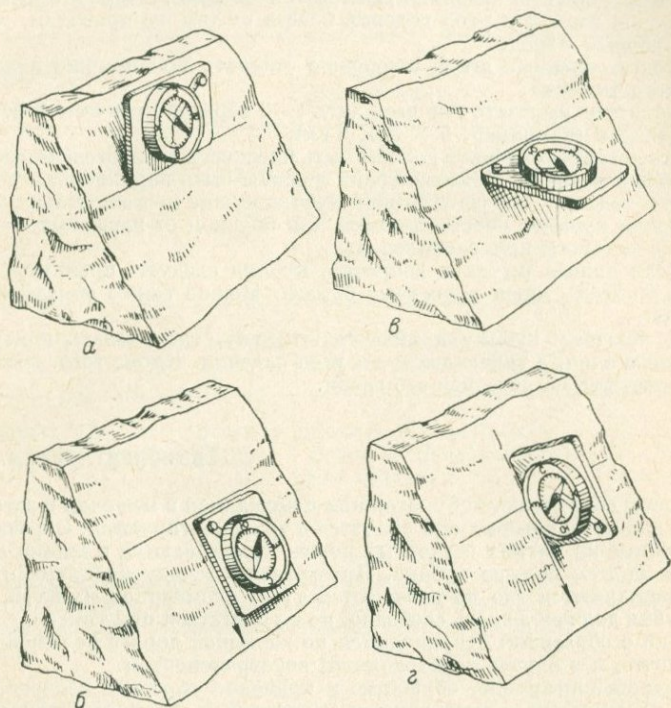
7. Приподнимая северный конец компаса, установить его горизонтально, дезарретировать стрелку и записать на лейкопластыре и в полевом дневнике деление лимба против северного конца стрелки — азимут линии падения (см. рисунок, в).

8. Заарретировав стрелку, установить компас длинной стороной перпендикулярно к плоскости маркировки вдоль линии падения. Записать на лейкопластыре и в дневнике показание отвеса компаса — угол падения плоскости маркировки (см. рисунок, г).

Если плоскость маркировки имеет опрокинутое залегание, т. е. когда ее верхний край нависает над нижним, то стрелка все равно чертится направленной вниз, а вместо показания отвеса нужно взять его дополнение до 180° . Угол падения, т. е. угол между стрелкой и горизонтальной плоскостью, в этом случае будет больше 90° .

9. Затем на лейкопластыре образца нужно записать его номер, азимут и угол наклона стрелки; те же данные записываются на этикетке образца и в полевом дневнике.

10. В полевом дневнике зарисовать положение образца в обнажении и отметить его положение в геологической колонке, вычерченной в определенном масштабе. Кроме того, необходимо записать элементы залегания пород в месте взятия образца, т. е. азимут и угол падения первично горизонтальной плоскости.



Ориентировка штуфов для палеомагнитных исследований с помощью геологического компаса, по А. Н. Храмову и Л. Е. Шолпо (1967).

В случае отбора образцов сильно магнитных пород, при приближении к которым стрелка компаса отклоняется более чем на $2-3^\circ$, вместо горного компаса следует пользоваться солнечным, фиксируя время замера по хронометру или выверенным часам, или же пользоваться двухметровой рейкой, укрепляя горный компас на ее конце.

Отбор образцов мягких осадочных пород

Порядок отбора образцов мягких пород рекомендуется следующий.

1. В обнажении на участке пласта, намеченном для отбора образцов, удалить всю выветрелую породу на площади порядка $0,5-1 \text{ м}^2$.

2. В пределах очищенного участка выбрать прослой с хорошо выраженной поверхностью напластования и очистить эту поверхность от лежащей выше породы.

Если порода неслоистая, приготовить плоскость напластования искусственно, измерив близости элементы залегания пластов и срезав лежащую выше породу так, чтобы плоскость маркировки имела те же элементы залегания.

3. Породу вокруг очищенного участка подрезать со всех сторон, приготовляя штуф размеров, достаточных для 1—2 кубиков. Часто штуф образуется естественными трещинами.

4. С помощью горного компаса на поверхности напластования нанести горизонтальную линию — линию простирания и перпендикулярную к ней стрелку, направленную вниз по падению. Измерить и записать азимут стрелки и угол наклона, т. е. азимут и угол падения пласта по тем же правилам, что и для твердых горных пород.

5. Подготовленный штуф осторожно отделить при помощи ножа или геологического молотка.

6. Из штуфа вырезать или выпилить 1—2 образца кубической формы и принятого размера (например, $5 \times 5 \times 5$ см).

Верхней гранью кубиков должна быть плоскость напластования со стрелкой, указывающей падение. Боковые грани должны быть параллельны линиям простирания и падения. На задней грани кубика нужно поставить знак V.

7. Грани кубиков очистить ножом или бруском от железных частиц, которые могли остаться при распиловке.

8. Если порода рыхла и непрочна, кубики следует пропитать клеем или обклеить со всех сторон полосками бумаги. Можно также обмазывать кубики алебастром.

9. К каждому кубику приклеить этикетку, где указать номер образца, обнажения и слоя, а также азимут и угол падения. Кроме того, номер образца следует написать на передней его грани.

Транспортировка образцов

Образцы обертываются бумагой или помещаются в мешочки и затем укладываются в ящики, в которых они хранятся и транспортируются. Образцы-кубики, изготовленные из мягких осадочных пород, укладываются в ящики с ячейками размером на 1 см больше кубика. Пространства между кубиками и стенками ячейки заполняются (но не забиваются туго) скомканной бумагой, ветошью, ватой; кубик должен лежать свободно, но не болтаться при тряске.

Ящики с образцами отправляются по железной дороге большой скоростью или по почте, а в случае необходимости авиаперевозкой.

При транспортировке, обработке и хранении образцов следует тщательно избегать их соседства с постоянными магнитами и электромагнитами.

П р и м е ч а н и я. 1. В полевых дневниках записываются кроме указанных сведений координаты обнажений и магнитное склонение в районе отбора образцов, которые берутся с топографических карт. 2. Размеры образцов зависят от применяемых магнитометров. Наиболее обычные размеры от 3 до 5 см (объем 30—150 см³).

Приложение 4

ПАЛЕОМАГНИТНАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

К настоящему времени разработана палеомагнитная геохронологическая шкала, основа которой дана А. Коксом, Р. Р. Доэллом и Г. Б. Далримплом [488]. Она датирована многочисленными определениями абсолютного возраста эффузивов по K/Ag в Северной Америке, на Гавайских, Алеутских и других островах Тихого океана, в Америке, в Африке, Европе, Исландии и других районах земного шара. Ниже приводится сводная шкала по данным различных исследователей по состоянию на 1969 г. (табл. 1).

Палеомагнитная геохронологическая шкала (возраст в млн. лет)

Эпохи нормальной (N) и обратной (R) геомагнитной полярности		Эпизоды нормальной (N) и обратной (R) геомагнитной полярности	
Названия и полярность	Возраст	Названия и полярность	Возраст
Брюне (Brunhes) (N)	0—0,69	Ласчамп (Laschamp) (R) Блэк (Black) (R)	0,02 —0,03 0,110—0,114
Матуюяма (Matuyama) (R)	0,69—2,43	Харамильо (Jaramillo) (N) Без названия (N) Гилза (Gilsá) (N) Олдувай (Olduvai) (N)	0,89—0,95 1,61—1,63 1,64—1,79 1,95—1,98 2,11—2,13
Гаусс (Gauss) (N)	2,43—3,32	Каена (Kaena) (R) Маммот (Mammoth) (R)	2,80—2,90 2,94—3,06
Гилберт (Gilbert) (R)	Более 3,32	Кочити (Cochiti) (N) Нунивак (Nunivak) (N) Без названия (N)	3,70—3,92 4,05—4,25 4,38—4,50

По анализу аномального магнитного поля в подводном Тихоокеанско-Антарктическом хребте У. К. Питман и Дж. Р. Хейртцлер [499] дали следующую палеомагнитную геохронологическую шкалу (табл. 2).

Таблица 2

Периоды нормальной геомагнитной полярности для последних 10 млн. лет (между ними периоды обратной геомагнитной полярности), млн. лет

0,00—0,70	4,32—4,47	7,08—7,12
0,90—0,95	4,63—4,74	7,20—7,51
1,80—1,95	4,80—4,95	7,60—7,66
2,40—3,00	5,74—5,92	7,95—8,33
3,20—3,40	6,03—6,27	8,42—8,55
4,00—4,46	6,60—6,74	8,84—10,00

Определения, приведенные в табл. 2, следует считать сугубо предварительными, так как они не подкреплены датировками по К/Аг. За пределами шкалы, приведенной в табл. 2, имеются следующие датировки по К/Аг границ смены эпох нормальной и обратной геомагнитной полярности (N/R и R/N): 1) граница N/R — $4,9 \pm 0,1$ млн. лет назад; 2) граница N/R — $9,0 \pm 0,2$ млн. лет назад; 3) граница R/N — $10,8 \pm 0,3 - 1,0$ млн. лет назад [500].

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абляция 153
 Абразия 199, 205, 207, 209, 210, 211, 223, 298, 323
 Анализ литолого-фациальный 40, 43
 — морфометрический 5, 328
 — продольных профилей рек 328
 — соотношения фаций с их мощностью 47
 — степени окатанности 49
 — террасовых рядов 35
 — фаций и мощностей аллювиальных осадков 334
 Арки 196, 214
 Асимметрия водоразделов 131
 — долин 131, 190
 Атрио 120

 Базис аккумуляции 128, 141
 — денудации 98
 — дефляции 191
 — карста 213, 217
 — коррозии 213
 — отложения 141
 — эрозии 128, 130, 132, 138, 149, 212, 213, 216, 217
 — — местный 128, 132, 137, 144
 — — общий 128, 132, 137
 Базисный уровень 141, 147
 Балки 54, 141, 142
 Барранкосы 120
 Барханы 193
 — двойные 193
 — комплексные 193
 — одиночные 193, 195
 — снежные 197
 Бары береговые 202
 — островные 202
 — подводные 202, 209
 Бассейны языковые или концевые 158
 Батолит 121, 123, 124
 Бенч 210, 211, 320
 Бергшруд 152
 Берег 198, 205, 210, 211, 223, 321

Береговая линия 197, 198, 199, 202, 207, 208, 209, 210, 211, 325
 Бечевник 135
 Блок-диаграмма 28, 72, 73, 74, 75, 249
 Блюда стенные 172, 219
 — суффозионные 219
 Болваны 169, 170
 Борозда сглаживания 157
 Бровка террасы морской 207, 208
 — — речной 137, 138
 Бугры пучения 173, 175, 176
 — — многолетние 176, 178
 — — продольные 175
 — — сезонные 173, 178
 Булгуняхи 176, 177, 178

 Валуны пирамидальные 191, 196
 Вали береговые 201, 202, 208, 211
 — подводные 202, 205, 206, 207, 209
 — солифлюкционные 182, 183
 Водоразделы карстовых областей 213
 Возраст рельефа 3, 5, 7, 20, 28, 35, 51, 52, 57, 66, 68, 73, 75, 76, 93, 94, 273, 274
 — — геологический 93, 94, 95
 — — геоморфологический 93, 94
 Волны снежные 197
 Воронки карстовые 213, 214, 215, 221
 — ледниковые 153
 — термокарстовые 165
 Впадины суффозионные 219
 Вулканы гавайского типа 116
 — грязевые (сопки) 124, 125
 — куполовидные (бескратерные) 116
 — кучевые 116
 — лавовые 116
 — шиповые (горнитосы) 117
 — щитовые 116
 Вымораживание 172

 Галереи подземные карстовые 213, 216

Гейзеры 120, 124
Генезис рельефа 3, 5, 7, 28, 35, 39, 40, 51, 52, 57, 66, 67, 68, 73, 75, 76, 90, 274, 275
Генерализация возраста (основных этапов развития) рельефа 278
— морфогенетических категорий 278
— поверхностей (граней) рельефа 277
Геокриология см. Мерзлотоведение общее
Геолокатор 209
Геоморфологические исследования при поисках аллювиальных россыпей 301
— — — нефти и газа 329
— — — прибрежных и морских россыпей 316
Геоморфология структурная 45, 102
Геотектура 34, 252, 253
Гидролакколиты 176, 178, 190
Гирлянды каменные 183
Глубина эрозионного среза 124, 336
Гляциодепрессии 161, 164, 165
Гляциодислокации 21, 165
Горсты 105
Грабены 105
Грани рельефа 88, 245, 246
Граница снеговая 155, 159
Грибы каменные 191, 196
Гряды песчаные барханные 193, 195
— — граблевидные 193
— — кольцевые 190
— — поперечные 193
— — продольные 195
— — серповидные 190
Дайки 123
— кольцевые 123
— концентрические 123
— радиальные 123
Дегляциация 161, 162, 165
Дельты сухие 139
Денудационный срез 45
Денудация 107
— избирательная 150
Депрессия снеговой границы 159
Дефлюкция 53, 140
Дефляция 53, 191, 195, 196, 202
Дешифрирование аэрофотоснимков 73, 76, 82
— — визуальное 80
— — геологическое 6, 76, 77, 78
— — геоморфологическое 13, 67, 76, 77
— — измерительное 80
— — инструментальное 80
Дешифровочные признаки косвенные 77, 78, 80
— — прямые 77, 80

Длительность существования реликтового рельефа 95, 96
— формирования рельефа 95
Долины речные 130
— антедедитные 130, 131
— асимметричные 131
— диагональные 133
— каньонообразные 130, 131, 215
— карстовые мешкообразные 215
— — подуслевые 215
— — слепые 215
— консеквентные 133
— ледникового выпихивания 161, 164
— ледниковые сквозные 131, 157
— лоткообразные 130
— нейтральные 133
— обсеквентные 133
— поперечные 133
— предопределенные тектоникой 133
— продольные 133
— простые (элементарные) 133
— регрессивно-эрозионные 131
— ресеквентные 133
— с ледниковой обработкой 133
— — золовой обработкой 133
— сложные 133
— субсеквентные 131, 133
— тектонического происхождения 133
— террасовые 269
— троговые 131, 154, 155, 157
— четкообразные 132
— эпигенетические 131
— эрозионные 133
— ящикообразные 127, 130, 131
— U-образные 130
— V-образные 127, 130, 131
«Долины» — см. Воронки карстовые
«Долины ярусные» 158
Донгасы — см. Котловины карстовые
Друмлины 164
Дюны 193, 195, 196
— звездчатые (пирамидальные) 195
— кольцевые 195
— копьевидные 195, 196
— параболические 196
— поперечные 196
— продольно-грядовые 196
— щитовидные (плоские) 193
— эмбриональные (коспчки прикустовые) 193, 195

Жерла вулканические 123

Забой морозный 170
Закон Бэра — Бабинэ 131
Залом 227
Зандры 165, 166
Западины суффозионные 219
Заструги 197

Знаки внесмаштабные 233
— линейные 233
Зона аккумуляции речной 133
— береговая речная 135
— — побережья 199
— боковой эрозии 133
— вертикальных полостей (карстовая) 213, 216
— высокого разлива (речного) 135
— глубинной эрозии 133
— краевых ледниковых образований 165, 167
— наземного карстового рельефа 213, 214
— невыявляющейся эрозии 132
— нулевых градиентов тектонических движений 146
— побережья верхняя 199, 207
— — нижняя 199
— — средняя 199
— погруженных береговых линий 209
— подземно-подводного карстового рельефа 213, 217
— размыва (речного) 135
— сифонной напорной циркуляции (карстовая) 213
— субгоризонтальных полостей (карстовая) 213, 216

Иглы (obeliski) 116

Изолинии 232

Изохроны 160

Инверсия рельефа агградационная 175

— — деградационная 189

Индексы буквенные и цифровые 233

Интрузии пластовые 121

Ириктиконы 170

Исследования палеогеоморфологические 37

История развития рельефа 20, 30, 34, 35, 36, 50, 51, 76

Источники термальные и минеральные 124

Кальдеры 120

Камни странствующие 183

Камы 8, 165

Каньон 130, 215

Каркас геоморфологической карты 247

— рельефа 86

Карлинги 156

Карры 213, 214

— подземные 216

Карст башенный 214

— глинистый 212

— глубокий 216, 217

— голый 212

— мелкий 212

— многостайный 212, 216

Карсе

— наземный 214

— погребенный 215

— покрытый 212

Картодиаграммы 234

Картометрия 57

Карты асимметрии долин и между-речий 330

— базисной поверхности 33, 330

— вершинной поверхности 33, 332

— возраста или основных этапов развития рельефа 228, 235, 268

— «генетические» 235

— генетически однородных поверхностей 235, 247

— геоморфологические аналитические 229

— — крупномасштабные 228

— — мелкомасштабные 228

— — обзорные 228

— — общие 68, 228, 234

— — полевые 19, 25

— — синтетические 229

— — специальные 228, 336

— — среднемасштабные 228

— — типологические 228

— геоморфологического районирования 228

— глубины расчленения 57

— густоты расчленения 57

— пзобаз 207

— пзодеф 38

— карты изохрон 160

— криотектонические 154

— морфогенетические 4, 235, 250

— морфографические 228

— морфометрические 33, 57, 228

— морфоструктурно-морфоскульптурные 265

— морфоструктурные 262, 263

— неотектонические 34, 35, 58, 102

— остаточного рельефа 33, 332

— опробования металлометрического 25, 26, 29, 30

— — радиометрического 25, 26, 29

— — шлихового 25, 26, 29, 30

— палеогеографические 36

— палеогеоморфологические 36, 229

— порядков долин 330

— сноса 33, 332

— структурно-типологические 264

— тектоизогипс 37

— углов наклона земной поверхности 57

— фактического материала 25, 26, 28

— шлиховые ленточные 311

— — фоновые 311, 312

— энергии рельефа 33

Кары 154, 156, 170, 171, 190

Категории рельефа 257
— — морфогенетические 250, 253
Кекуры — см. Останцы абразионные
Кипляхи 169, 170
Классификация генетически однородных поверхностей В. В. Ермолова 240
— — — — на карте НИИГА 242
— — — — С. В. Эпштейна и Г. С. Ганешина 243
— — — — типовая унифицированная М. Н. Бойцова, Г. С. Ганешина, В. В. Соловьева, Ю. Ф. Чемякова, С. В. Эпштейна 245
— — — — «универсальная» Д. В. Борисевича 236
— — — — Ю. Ф. Чемякова 241
— геоморфологических карт 228
— гор 108, 112
— месторождений полезных ископаемых 285
— морфогенетическая А. Г. Доскач, Н. В. Думитрашко, С. Л. Кушева, В. Н. Олюнина, Б. А. Федоровича 255
— — А. К. Рюмина, 256
— — Г. А. Авсюка и др. 252
— — Геоморфологической карты СССР масштаба 1 : 4 000 000 264
— — Геоморфологической карты СССР масштаба 1 : 5 000 000 264
— — геоморфологических карт ФГАМ 265
— — З. А. Сваричевской 261
— — И. И. Краснова, Е. И. Корнутовой, В. Б. Соколовой 263
— — И. П. Герасимова 252
— — И. С. Шукина 251, 252
— — К. К. Маркова 251
— — Н. В. Башениной, О. К. Леонтьева, М. В. Пиотровского, Ю. Г. Симонова 255
— — Н. В. Башениной, О. К. Леонтьева, Ю. Г. Симонова, В. С. Выскребенцевой, И. П. Зарудкой 262
— — Постоянной межведомственной геоморфологической комиссии 253
— — С. Г. Боча и И. И. Краснова 253
— — Я. С. Эдельштейна 251
— — поверхностей и склонов Д. В. Борисевича 236, 237
— рельефа О. Д. Энгельна 251
— россышных месторождений 288, 289, 290—293
— элементарных поверхностей А. И. Спиридонова 237
— элементов рельефа Ю. К. Ефремова 235

Кластокарст 211
Клиф 199, 205, 207, 210, 211
Колодцы карстовые 213, 216
Конусы выноса 56, 139, 140
— переходные 158
— лавовые 116
— паразитные 117, 118
— пепловые 117
— шлаковые 116, 117, 118, 120
Кора выветривания 51, 120, 144, 146, 147, 148
Корразия 191, 196
Коррозия 211, 212, 213, 215, 216, 219, 220
Косы морские 198, 202, 204, 207
— — двойные 203
— — речные 132, 309, 310
Котловины карстовые 215
Котлы выдувания (дефляционные) 191, 196
Кратеры 117, 119, 120
Криотектоника 154, 171
Криотурбации 21, 50, 166, 192
Крип 140
Критерии поисковые 281
— — геоморфологические 284
— — геохимические 284
— — литологические 283
— — литолого-фациальные 283
— — магматогенные 281
— — стратиграфические 282
— — структурные 282
Купола тектонические 326
— вулканические — см. Вулканы куполовидные
— — лавовые 119
— — «экзогенные» 116
— — экструзивные 116
— — «эндогенные» 116
Курумы 170, 171
Куэсты 149

Лавы волнистые 118
— глыбовые 118
— канатные 118
— пахоехое 118
— типа аа 118
Лакколиты 121, 122
Лбы бараньи 154, 157, 164
Ледники вершинные 153
— висячие 153
— возрожденные 153
— вулканических конусов (звездообразные) 153
— горные 153
— дифлюентные 153
— долинные 153
— — простые 153
— — сложные 153
— древовидные 153
— кальдер 153

Ледники
 — каровые 153
 — «мокрые» 168
 — морские 153
 — норвежского типа 153
 — переметные 153
 — плоских вершин 153
 — подножий 153
 — покровные 153
 — прибрежно-морские 153
 — современные 152
 — «сухие» 168
 — туркестанские 153
 — фиордовые 153
 — шельфовые 153

Лестница поверхностей выравнивания платформенная 146
 — — — предгорная 146

Линия волноприбойная 207
 — снеговая — см. Граница снеговая
 — фирновая 155

Лополиты 122

Маары 119, 120
 Меандры 132, 134
 — врезанные 134
 — свободные 134

Мелкосопочник денудационный 143, 144
 — склонов (эрозионный) 145

Мерзлота «вечная» 169
 — многолетняя 21, 169, 171, 190, 191, 213
 — сезонная 169, 171

Мерзлотоведение общее 169

Месторождения россыпные 282, 285, 286
 — экзогенные 282, 285
 — — выветривания 285
 — — осадочные 285
 — эндогенные 5, 281, 282, 285

Метод 32
 — анализа аномальных падений рек 37
 — — геоморфологических уровней 36, 93
 — — — циклов 36, 37, 93
 — — геохимии ландшафтов 53, 54, 93, 336
 — — мощностей 40, 46, 93
 — — петрографо-минералогического состава горных пород 40, 93
 — — полигенетических поверхностей выравнивания 37, 93
 — — соотношения фаций с их мощностью 47, 93
 — — степени окатанности 49
 — — стратиграфических перерывов и несогласий 40, 50, 93
 — — текстур осадочных пород 40, 49, 93

Метод
 — — тектонической структуры 40, 45, 93
 — — факторов морфогенеза и их геоморфологического выражения 39, 93
 — — аналогий 97, 99, 100
 — — аэродинамический 54, 60, 93
 — — биогеографических индикаторов 101
 — — блок-диаграмм 67, 72
 — — буквенных и цифровых формул 67, 68
 — — валунный 40, 43
 — — возрастных рубежей 97, 98
 — — выделения терригенно-минералогических провинций 42
 — — геоморфологического математического анализа 35
 — — эксперимента 39, 93
 — — гетерохронных форм 99, 100
 — — гидрологического анализа 53, 56, 93
 — — гляциологический 54, 60, 93
 — — гравиметрический 61, 62, 93
 — — гранулометрического анализа 40, 48, 93
 — — дешифрирования аэрофотоснимков 67
 — — зарисовок 67, 68
 — — изучения мегатрещиноватости 327
 — — палоченных форм 100
 — — реликтов 101
 — — реликтовых форм рельефа 100
 — — современных и ископаемых почв 54, 59, 93
 — — историко-морфологический или палеогеоморфологический 35, 93
 — — картографирования 67, 68
 — — картографический 54, 57, 67, 68, 93
 — — киносъемки 67, 83
 — — климатологического анализа 53, 55, 93
 — — коррелятивных (или коррелятных) отложений 97, 98
 — — (синхронных) форм 99, 100
 — — корреляции разорванных ареалов 101
 — — ландшафтного картирования 53, 54, 93
 — — литолого-фациального анализа 40, 43, 93
 — — магнитометрический 61, 93
 — — мерзлотной съемки и изучения криогенных явлений 54, 60, 93
 — — микроклиматических исследований 53, 56, 93
 — — морфографический 32
 — — морфодинамического анализа 39
 — — морфометрический 32, 33, 329

Метод

- поисков тектонических структур 33, 329
 - морфонеотектонический 34, 93, 139
 - морфостатистический 35
 - морфоструктурный 33, 93
 - наземной стереофотограмметрической съемки 67, 84
 - описания 67
 - объемный 40, 47
 - палеогеографический 60, 93
 - палеогеоморфологический 35, 36
 - палеомагнитный 97
 - палеонтологический 40, 93
 - плановой аэрофотосъемки и дешифрирования аэрофотоматериалов 73
 - профилирования 67, 69
 - регионального геоморфологического анализа 37, 93
 - сейсмический 61, 64, 93
 - сингенетичных отложений 97
 - сравнительно-морфологический 35, 93
 - стратиграфический 40, 50, 93
 - структурно-фациальный 40, 45, 93
 - термический 40, 49
 - фациальных переходов 97
 - фотосъемки 82
 - химический 40, 49, 93
 - электрометрический 61, 63, 93
- Методика 4, 11, 32
- геоморфологических исследований при поисках полезных ископаемых 4, 280
 - — — — россыпей 286
 - — — — экзогенных месторождений 286
 - — — — эндогенных месторождений 336
 - составления карт возраста или основных этапов развития рельефа 274
 - — — генетически однородных поверхностей 245
 - — — морфогенетических категорий рельефа 261
- Методология 32
- Методы биогеографические 54, 58, 93
- географические 3, 32, 53, 55, 93
 - геологические 3, 32, 35, 39, 40, 93
 - геоморфологические 3, 32, 35, 39, 50, 93, 99
 - геофизические 3, 32, 36, 45, 61, 93
 - геохимические 40, 52
 - изображения рельефа на плоскости 67

Метод

- изучения вещественного состава отложений 49
 - — — — генезиса рельефа 91
 - — — — географические 93
 - — — — геологические 93
 - — — — геоморфологические 93
 - — — — геофизические 93
 - — — — объемного изображения рельефа 67, 85, 86
 - — — — описательные 67
 - — — — определения возраста рельефа 97
 - — — — биогеографические 97, 101
 - — — — геологические 97
 - — — — геоморфологические 97, 99
 - — — — снеговой границы древней 159
 - — — — современной 155
 - — — — палеонтологические 51, 97
 - — — — структурно-геоморфологических исследований 327
- Микрорельеф трещинно-полигональный 178, 179, 180
- Многогранники золотые 196
- Мозоры 214
- Морена 50, 154, 158, 211
- береговая 154, 157, 165
 - боковая 154, 157
 - внутренняя 154
 - донная 157
 - конечная 154, 157, 158, 165
 - напорная 161, 165
 - нижняя 154
 - основная 157, 165
 - поверхностная 154
 - срединная 154, 157
- Морфография 57, 66, 67
- Морфометрия 33, 57, 66, 67, 72, 128
- Морфоскульптура 252, 266
- Морфоструктура 30, 34, 252, 253
- Морфотектоника 45, 102
- Моря каменные 166, 170
- Навевание 191
- Наволоки 202, 203
- Наledi 173, 190
- многолетние (тарыны) 174
- Наносы языковые снежные 197
- Некки 123
- Неоструктуры 5, 34, 103, 109
- Неотектоника 5, 12, 21, 28, 30, 102
- Нижняя граница хionoсферы 155
- Низменности 141
- Ниша волноприбойная 199, 205
- нивальная 169, 170, 171, 190
- Новейшая тектоника — см. Неотектоника
- Овраги 120, 141, 211
- карстовые 215

- Огпы 153
 Озера кольцевые 175, 190
 — серповидные 175, 190
 — старицы 134
 — термокарстовые 175, 177, 191
 — треугольные 175
 Озы выдавленные 165
 — маргинальные 165
 — насыпные 165
 — радиальные 165
 Оледенение горное 60, 156
 — древнее 60, 156
 — подземное 169
 — покровное 159
 — современное 60, 151
 Оползни 220, 221, 222, 223, 227
 Опробование металлометрическое
 7, 15, 17, 22, 24, 25
 — радиометрическое 7, 23, 24, 25
 — шлиховое 7, 15, 17, 23, 24, 25,
 137, 306, 309, 336
 Оротектоника 102
 Осовы 221
 Останцы абразионные 199
 — карстовые 214
 — обтекания (речные) 134
 Острова речные 135
 Отмели береговые 135, 203

 Палеогеоморфология 48
 Педименты 72, 140, 143, 146, 275
 Педилены 72, 143, 146, 148
 Пенелены 72, 143, 145, 148
 Перевалы сквозные 157
 Перейма 202
 — двойная 203
 Пересыпи 198, 202, 203, 207
 — двойные 203
 Перехваты речные 127, 130, 134
 Пески бугристые 195
 — кучевые 195
 — лунковые 193
 — продольно-грядовые 195
 — ячеистые 193
 Пещеры лавовые (тоннели) 119
 — карстовые 213, 214
 Пинго 175, 176
 Пирамиды барханые — см. Дюны
 звездчатые (пирамидальные)
 — земляные 158
 План речной сети 127, 129
 — — — древовидный (дендрито-
 видный) 129
 — — — кольцевой 129
 — — — параллельный 129
 — — — перистый 129
 — — — радиальный центробежный
 129
 — — — центростремительный
 129
 — — — решетчатый 129

 Плато 141, 212
 — высокое 141
 — лавовое 120
 — низкое 141
 — среднее 141
 — структурно-денудационное 149
 Платформа прибрежная абразион-
 ная 205
 «Плотик» 294
 Плутоны несогласные 121, 123
 — согласные 121, 123
 Пляж 190, 198, 199, 200, 201, 204
 Побережье 198, 201, 210, 320
 Поверхность врезания 271
 — — полигенетическая 274, 275
 — выравнивания 9, 33, 34, 35,
 36, 72, 98, 107, 145, 271, 333
 — — аккумулятивная 275
 — — денудационная 43, 51, 99,
 107, 143, 145
 — — деформированная 148
 — — недеформированная 148
 — — погребенная 148
 — — полигенетическая 36, 37, 51,
 93, 147, 274, 275, 305, 333
 — — развивающаяся 148
 — — реликтовая 148
 — генетически однородная 53, 90,
 246, 274
 — — — вторичная 243, 246
 — — — первичная 243, 246
 — — — простая 246
 — — — сложная 249
 — — — ограничения форм рельефа 246
 Подзона волн 205
 — прибоа 199
 Поды 219
 Пойма 19, 135, 136, 195, 334
 Поля 213, 215
 Поляны наледные 173, 174
 Поноры 213, 215, 216
 Порядки рек (речных долин) 33,
 128, 330
 Потоки агломератовые 119
 — грязевые 119, 143
 — лавовые 119
 Пояс меандровый 134
 Провалы карстовые 215, 216,
 221
 Пропасти карстовые 213, 216
 Профиль геоморфологический 28, 70,
 71, 72, 249
 — поперечный подводного берегового
 склона 319, 205
 — — речной долины 130, 139
 — продольный реки (речной долины)
 130, 131, 132, 328
 — равновесия абразионный 205
 — — реки 35, 38, 132
 Псевдотеррасы 139
 Пучины 172

Пятна глинистые 171
 — тундровые 180
 Равнины аллювиальные 140, 195
 — возвышенные 140
 — денудационные — см. Поверх-
 ность выравнивания денудацион-
 ная
 — краевых (маргинальных) пред-
 ледниковых плотинных озер 166
 — озерные 165
 — структурно-денудационные 149
 Развевание — см. Дефляция
 Развитие рельефа восходящее 107,
 132, 143, 146
 — — нисходящее 107, 132, 143, 146
 Разломы 104, 120, 129, 190, 303,
 305, 316, 336
 Районирование геоморфологическое
 28, 38, 45
 — морфоструктурное 34
 — неотектоническое 45
 Ребра рельефа 86, 245
 Реки каменные (потоки) 170, 171
 Рельеф вулканогенный 113, 116
 — грядово-мочажинных болот 183
 — грядово-ячеистый 195
 — интрузивный 151
 — денудационно-интрузивный 113
 — денудационно-тектонический 3,
 102, 107
 — денудационный 3, 143, 274
 — «дневной» 4
 — карстовый 213, 214, 215, 216,
 217, 218
 — крупноблочный 174
 — литоморфный 3, 150
 — мерзлотный (криогенный) 60, 169
 — погребенный 4, 5, 35, 36, 46,
 47, 50, 51, 61, 62, 63, 64, 92, 197
 — поствулканический 113, 124
 — псевдовулканический 113, 124
 — реконструированный 47
 — речного происхождения 126
 — сельговый 164
 — структурно-денудационный 149
 — тектонический 3, 34, 102, 103
 — тектонически предопределенный
 3, 102, 103
 — термоабразионный 189
 — термокарстовый 175, 179, 183,
 189, 190
 — уничтоженный 35, 36, 40, 48
 — холмисто-моренный 165
 — чешуйчатый 149, 150
 — «экспонированный» 4
 — золовый 43, 191
 Речная сеть 42, 78, 127, 128, 129,
 215, 196, 303, 305, 315, 316, 328
 — система 128, 133
 Решетки каменные 191, 196

Ригели 154, 157
 Рифы 320
 Россыпи 5, 9, 286, 289
 — аллювиальные 288, 294, 301, 312
 — делювиальные 289, 297
 — дельтовые 297, 298
 — долинные 296
 — ископаемые 301
 — косовые 297
 — лагунные 298
 — ледниковые 300
 — ложковые (распадков) 297
 — морские 288
 — озерные 298
 — погребенные 297, 305, 315
 — поднятой речной сети 305, 316
 — прибрежно-морские 299, 301, 316,
 320
 — прибрежные 298
 — пролювиальные 297
 — русловые 297, 298
 — «сухих» рек 288
 — террасовые (речных террас) 296,
 298
 — элювиальные 287, 289
 — золовые 288, 300
 Русло 134
 Рябь снежная 197

Салзы мерзлотные 173
 Сегменты пойменные 134
 Седэ 176
 Сели 142
 Силлы 121, 122
 Склоны 56
 — береговые (речные) 135, 198, 205,
 211
 — — подводные 198, 203, 205, 210
 — вогнутые 140, 210
 — выпуклые 140
 — долины 140, 212, 222
 — прямые 140
 — эрозийные 223, 236, 242
 Слон конические даек 123
 «Снега кающихся» 152
 Солифлюкция 120, 140, 169, 181,
 182, 183
 Сольфатары 119, 124
 Сомма 120
 Спектр речных террас 334
 — эпейрогенический 207, 208
 Спавы 221
 Способ ареалов 234
 — звездных или радиальных марш-
 рутов 15
 — ключевых участков 15, 16
 — линий движения 234
 — локализованных диаграмм 234
 — полуинструментального или
 инструментального профилирова-
 ния 15, 16

Способ

- поперечных пересечений 15
- продольных маршрутов 15
- прослеживания геоморфологических границ 15, 16
- совмещенных профилей 72, 106
- точечный 234
- Столбы 169, 170, 196
- Стратовулканы 66, 117
- Стрелки 202, 203
- Ступени слияния — см. Ригели
- устьевые 157
- Суффозия 212, 219
- Суходолы 215
- Съемка геоморфологическая 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 20, 23, 24, 25, 26
- металлометрическая 24
- радиометрическая 24
- стереофотограмметрическая 33, 73, 84, 85
- шлиховая 22
- эхометрическая 209

Таксоны 244, 250

- генетически однородных поверхностей 244
- типологические морфогенетические 250

Такыры 195

Тальег 38, 134

Тарыны — см. Наледи многолетние

Тектоизогипсы 34, 35

Тематические геоморфологические исследования 3, 6, 8, 11, 26

Термоабразионный процесс 189

Термокарст 169, 181, 183, 189, 190, 212

Термоплатация 189

Террасоувалы 138

Террасы 56, 136, 222

- абразионные 198, 207, 208
- аккумулятивные морские 202
- — речные 136, 137, 195, 208, 219
- вложенные 137
- вырезанные 137
- дислоцированные 138
- камовые 158, 165
- климатические 128, 139
- локальные 138
- морские 198, 207, 208, 210
- нагорные 139, 169, 170
- недислоцированные 138
- погребенные 137
- прислоненные 137
- солифлюкционные 183
- — натечные 182
- тектонические 139
- флювиогляциальные 154, 156, 158
- цикловые 138
- эрозионно-аккумулятивные (цокольные) 137
- эрозионные 99, 137

Типы генетически однородных поверхностей 240, 244

— гор 108, 112

— ледников 153

— рельефа морфогенетические 90, 251, 252, 253

Томболо — см. Перейма

Точки наблюдений 17, 18, 19, 68

Трехгранники корразионные 196

Трещины горных пород 305

— закарстованные 213, 217

Троги — см. Долины троговые

Трубка вибропоршневая 209

Тыловая окраина (шов) террасы морской 208

— — — — речной 137, 138

Увалá — см. Котловины карстовые

Уступы морозного забоя 170

— тектонические 104

Ущелье 130

Фаза восходящего развития рельефа 36

— нисходящего развития рельефа 36

— прогрессивного развития рельефа 94, 95, 97

— регрессивного развития рельефа 94, 95, 97

Фазы динамические аллювия 136

Факолиты 122

Факторы оледенения 155, 159

Фации аллювия 19, 136, 295

Фиорды 157

Фирновое поле 152

Фон качественный 232

Формулы буквенные и цифровые 68

— возрастные (временные) 95

Формы рельефа 86, 89, 90, 95

— — аккумулятивные морские примкнувшие 203

— — — свободные 203

— — — замыкающие 203

— — антропогенные 224

— — биогенные 225

— — выработанные 20, 40, 98

— — вулканогенные (вулканические) 102, 116

— — вулканических извержений линейного типа 113, 120

— — — — центрального типа 113, 116

— — денудационного происхождения 143

— — денудационно-интрузивные 113, 121, 150

— — денудационно-тектонические 102, 104, 107

— — инверсионные 45

Формы
— — карстово-суффозионные 211, 214
— — карстовые 211, 213, 214, 215, 216, 217
— — аккумулятивные 213, 217, 218
— — скульптурные 213, 214
— — криогенные 78, 169
— — ледникового происхождения 43, 56, 77, 152, 156, 162, 163, 165
— — ледниково-морского происхождения 77, 168
— — литоморфные 150
— — мерзлотного происхождения 56, 169
— — морских берегов 197
— — обусловленные процессом протавивания 181
— — погребенные 96
— — поствулканические 113, 124
— — псевдовулканические 113, 124
— — реликтовые 94, 143
— — речного происхождения 56, 77, 126
— — связанные с промерзанием пород 169, 170, 171
— — солифлюкционные 166, 181
— — структурно-денудационные 149
— — суффозионные 219, 220
— — тектонические 102, 103, 104
— — тектонически предопределенные 102, 103, 104
— — флювиогляциальные 152
— — экзарационные 161
— — золотые 56, 191, 192, 196
Фумаролы 119, 120
Фуркация 134, 174

Характерные линии (ребра) рельефа 86, 87
— поверхности (гранн) рельефа 86, 88
— точки рельефа 86
Хионосфера 155
Хребты выдавливания 119

Центры озовые 165
Цели барханные 193
Цикл геоморфологический 36
— карстовый 219
— эрозионный 288, 309
Цирки ледниковые 154, 156
— разведения 195

Шахты карстовые 213, 216
Ширры 117
Шратты — см. Карры
Шток 121, 123, 124

Щель 130

Экзарация 53, 164
Элементы рельефа 86, 90
Эрозия боковая 133, 140
— глубинная 132, 133, 140, 211, 213, 216
— плоскостная (площадная) 53, 140
— почв 224
— регрессивная 132, 215, 296
Этап новейший или неотектонический 108, 143

Язык ледниковый 154, 164
Ярданги 191, 196
Ярей 196

ОГЛАВЛЕНИЕ

		С.
	Предисловие	3
Глава I.	Организация и проведение геоморфологических исследований (Ю. Ф. Чемяков)	5
	Цель, значение и вопросы организации геоморфологических исследований	—
	Проектирование, организация и подготовка к полевым работам	10
	Проектирование	—
	Подготовительный период	11
	Полевые работы	14
	Камеральные работы	26
	Внедрение результатов работ в науку и практику	30
Глава II.	Общий обзор методов, применяемых при геоморфологических исследованиях (Ю. Ф. Чемяков)	32
	Геоморфологические методы	—
	Геологические методы	39
	Географические методы	53
	Геофизические методы	61
Глава III.	Морфология, генезис и возраст рельефа	66
	Морфологические особенности рельефа (Ю. Ф. Чемяков)	—
	Описательные методы	67
	Изобразительные методы	68
	Элементы и формы рельефа	86
	Генезис рельефа (Ю. Ф. Чемяков)	90
	Основные генетические категории рельефа	—
	Методы изучения	91
	Возраст рельефа (Г. С. Ганешин, В. В. Соловьев, Ю. Ф. Чемяков)	93
	Существующие представления о возрасте рельефа	—
	Возраст, длительность формирования и существования рельефа	95
	Методы определения возраста рельефа	97
Глава IV.	Изучение эндогенного и эндогенно предопределенного рельефа	102
	Тектонический, тектонически предопределенный и денудационно-тектонический рельеф (В. В. Соловьев, Ю. Ф. Чемяков)	—
	Тектонические и тектонически предопределенные формы рельефа	104
	Денудационно-тектонические формы рельефа	107
	Вулканический, денудационно-интрузивный, поствулканический и псевдовулканический рельеф (Ю. Ф. Чемяков)	113

Особенности методики изучения вулканогенного рельефа	113
Вулканические формы	116

Глава V. Изучение экзогенного рельефа 126

Рельеф речного происхождения (Ю. Ф. Чемяков)	—
Задачи исследований	—
Анализ географических и геологических условий речного морфогенеза	—
Речная сеть	128
Долины	130
Формы, связанные с речными долинами	134
Аллювиальные равнины	141
Овраги, балки	—
Сели. Грязевые потоки	142
Рельеф денудационного, структурно-денудационного и литоморфного происхождения (В. В. Соловьев, Ю. Ф. Чемяков)	143
Денудационный рельеф	—
Структурно-денудационный и литоморфный рельеф	149
Рельеф ледникового и флювиогляциального происхождения (Ю. Ф. Чемяков)	151
Районы современного оледенения	—
Районы древнего оледенения	156
Проблема ледниково-морских форм	168
Мерзлотный (криогенный) рельеф (М. Н. Бойцов)	169
Формы и процессы рельефообразования, обусловленные промерзанием пород	—
Формы и типы рельефа, обусловленные сезонными температурными колебаниями в мерзлых толщах	178
Формы и типы рельефа, обусловленные процессами протавания	181
О геоморфологическом анализе мерзлотного рельефа	190
Рельеф эолового происхождения (Ю. Ф. Чемяков)	191
Формы рельефа песчаных пустынь	192
Дефляционно-наветренный рельеф внепустынных областей	195
Дефляционно-корразионные формы рельефа	196
Формы, созданные эоловой седиментацией	—
Снежные формы	197
Рельеф морских берегов (Г. С. Ганешин)	—
Береговая зона побережья	199
Верхняя зона побережья	207
Зона погруженных (затопленных) древних береговых линий	209
Карстовые, суффозионные и оползневые формы рельефа (Ю. Ф. Чемяков)	211
Карстовые формы рельефа	—
Формы суффозионного происхождения	219
Оползни	220
Антропогенные и биогенные формы рельефа (Ю. Ф. Чемяков)	224

Глава VI. Методика составления геоморфологических карт (Ю. Ф. Чемяков) 228

Классификация геоморфологических карт	—
Топографическая основа геоморфологических карт	229
Технические способы изображения геоморфологической нагрузки	232
Основные направления в геоморфологическом картировании	234
Карты генетически однородных поверхностей	235
Краткий исторический очерк	—

	С.
Методика составления карт генетически однородных поверхностей	245
Карты морфогенетических категорий	250
История развития представлений по морфогенетической классификации рельефа	251
Методика составления карт морфогенетических категорий рельефа	261
Карты возраста или основных этапов развития рельефа (Ю. П. Селиверстов)	268
Основа «возрастного» метода	—
Основные исторические вехи развития «возрастного» метода геоморфологического картирования	269
Методика составления карт возраста или основных этапов развития рельефа	274
Вопросы генерализации (Ю. Ф. Чемяков)	276
Общие вопросы	—
Генерализация поверхностей (граней) рельефа	277
Генерализация морфогенетических категорий	278
Генерализация возраста или основных этапов развития рельефа	—
Глава VII. Особенности методики геоморфологических исследований при поисках полезных ископаемых (М. И. Плотникова)	280
Поисковые критерии	281
Особенности методики геоморфологических исследований при поисках экзогенных месторождений полезных ископаемых	286
Россыши	—
Нефть и газ	326
Особенности методики геоморфологических исследований при поисках эндогенных месторождений полезных ископаемых	336
Литература	342
Приложение 1. Требования к отбору проб для определения возраста четвертичных отложений по C^{14} (методические указания)	362
Приложение 2. Краткие методические указания по отбору проб из четвертичных отложений для палеопалинологических и палеодиагомических исследований	364
Приложение 3. Методика взятия ориентированных образцов для палеомагнитных исследований	367
Приложение 4. Палеомагнитная геохронологическая шкала	370
Предметный указатель	372

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

Ведущий редактор З. Г. Сегаль
Технический редактор И. Г. Сидорова
Корректоры В. Н. Михалевиц, Р. С. Янбекова
Переплет художника И. Г. Школьникова

М-38035. Сдано в набор 25/II 1972 г. Подписано к печати 6/VII 1972 г. Формат 60 × 90^{1/16}.

Бумага № 2 и офсетная. Печ. л. 24 + вкладка. Уч.-изд. л. 30,78. Тираж 5300 экз.

Изд. № 785. Заказ № 1558. Индекс 1-3-1-Л. Цена с вкладкой 1 р. 95 к.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение.

193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12.

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома

Комитета по печати при Совете Министров СССР. Московский проспект, 91.

гр. 95к.

20

517

НЕДРА

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

Г. С. Ганешин, В. В. Соловьев, Ю. Ф. Чемяков

ТИПОВАЯ ЛЕГЕНДА
ДЛЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ
РАЗНЫХ МАСШТАБОВ

Т. П. Полникова, В. М. Рыжкова

МАКЕТЫ
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Приложение
к „Методическому руководству
по геоморфологическим исследованиям“

Издательство „НЕДРА“ · Ленинградское отделение

1972

1. ГЕНЕЗИС ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЬЕФА

Генетические категории

ТЕКТОНИЧЕСКИЙ РЕЛЬЕФ

Созданный разрывными дислокациями. Крутые прямолинейные склоны горных гряд и возвышенностей

Созданный растущими складчатыми структурами. Склоны антиклинальных гряд и возвышенностей (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)*

ВУЛКАНОГЕННЫЙ РЕЛЬЕФ

Созданный излияниями лавы: А – лавовые равнины, плато, потоки, Б – склоны

Созданный эксплозионными процессами (туфовые равнины и плато)

Созданный экструзивными процессами. Склоны экструзивных куполов, некков и др. (а – крутые, б – средней крутизны)

Созданный комплексом различных вулканогенных процессов: А – сложные покровы, состоящие из переслаивающихся туфовых и лавовых горизонтов, Б – склоны стратовулканов (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

ВЫРАБОТАННЫЙ РЕЛЬЕФ

Структурно-денудационный рельеф, созданный денудационной препарировкой геологических структур

Предопределенный складчатой структурой. Элементы структуры выражаются в общем согласно простираению склонов, характере их поперечного профиля и т.п. Склоны горных гряд и возвышенностей (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

Образовавшийся в результате препарировки субгоризонтальных пластов осадочных пород: столовые плато, структурные ступени и др.

Образовавшийся в результате препарировки пластовых интрузивных тел: трапповые плато и др.

Образовавшийся в результате препарировки элементов складчатой структуры. Склоны, развивающиеся на крыльях антиклиналей, синклиналей и моноклиналей (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

Образовавшийся в результате препарировки древних тектонических контактов. Склоны горных гряд (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

Образовавшийся в результате препарировки интрузивных тел и их приконтактных зон. Склоны интрузивных массивов (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

Образовавшийся в результате препарировки: А – древних вулканических покровов, Б – вулканических аппаратов. Склоны горных массивов (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

* Здесь и ниже: а – более 30°, б – 20-30°, в – менее 20°.

Субгоризонтальные поверхности

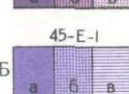
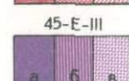
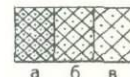
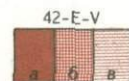
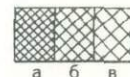
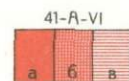
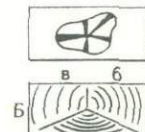
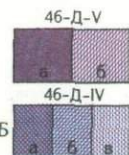
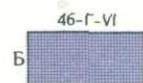
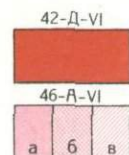
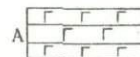
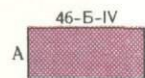
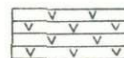
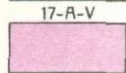
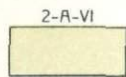
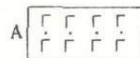
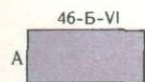
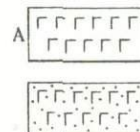
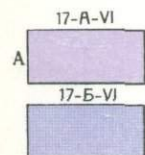
Многоцветный вариант карты

Черно-белый вариант карты

Склоны

Многоцветный вариант карты

Черно-белый вариант карты



Генетические категории

Денудационный рельеф

Созданный глубинной и боковой эрозией рек: А – поверхности скульптурных речных террас, Б – развивающиеся эрозионные склоны (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

Созданный эрозией, но существенно переработанный склоновыми процессами: денудационно-эрозионные склоны речных долин (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

Созданный в результате проявления комплекса склоновых процессов. Денудационные склоны гор и возвышенностей (а – крутые, б – средней крутизны, в – пологие)

Созданный комплексной денудацией – поверхности выравнивания, срезающие древнее складчатое основание (цокольный пенеплен)

Созданный комплексной денудацией – поверхности выравнивания, срезающие платформенные субгоризонтальные структуры

Созданный преимущественно плоскостным смывом – поверхности педиментов

Созданный волноприбойной деятельностью морей: А – абразионные террасы и равнины, Б – склоны

Созданный волноприбойной деятельностью озер – озерные скульптурные террасы и равнины

Созданный выпахивающей деятельностью ледников: А – днища трогов, Б – склоны (а – крутые, б – средней крутизны)

Созданный выдувающей деятельностью ветра – днища дефляционных впадин

АККУМУЛЯТИВНЫЙ РЕЛЬЕФ

Созданный речной аккумуляцией – речные террасы и равнины

Созданный озерной аккумуляцией – озерные террасы и равнины

Созданный морской аккумуляцией – морские террасы и равнины

* При невозможности использования этого знака (например, в очень узких контурах склонов горных долин) денудационно-эрозионные склоны могут показываться знаком развивающихся эрозионных склонов.

Субгоризонтальные поверхности

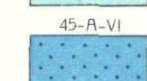
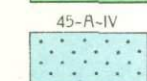
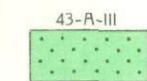
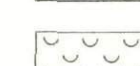
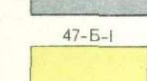
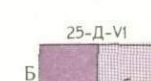
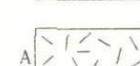
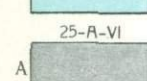
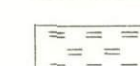
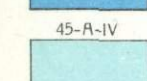
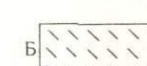
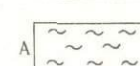
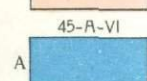
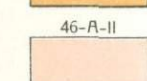
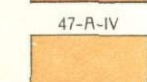
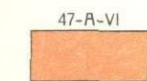
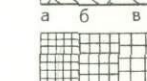
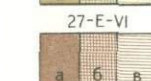
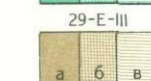
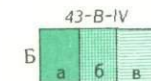
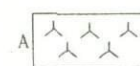
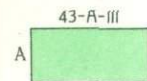
Склоны

Многоцветный вариант карты

Черно-белый вариант карты

Многоцветный вариант карты

Черно-белый вариант карты



Генетические категории

- Созданный ледниковой аккумуляцией – равнины, образованные донной мореной
- Созданный водно-ледниковыми потоками – зандровые равнины и террасы
- Созданный аккумуляцией в приледниковых бассейнах – озерно-ледниковые равнины
- Созданный совместной деятельностью ледников и моря
- Созданный совместной деятельностью рек и озер – озерные дельты, озерно-аллювиальные равнины
- Созданный совместной деятельностью рек и моря – дельты, аллювиально-морские равнины
- Созданный плоскостным намывом – поверхность делювиальных шлейфов
- Созданный временными потоками – поверхности конусов выноса и шлейфов
- Созданный совместной деятельностью рек и временных потоков – наземные дельты и др.
- Созданный совместной деятельностью рек и плоскостного намыва – аллювиально-делювиальные шлейфы
- Созданный навевающей деятельностью ветра – эоловые равнины
- Абразионно-аккумулятивные донные равнины *
- Созданный мутьевыми потоками на дне моря *

Примечания: 1. Индексы цветов даны по работе Д. Г. Жвания „Таблицы цветных обозначений для геологических карт разных масштабов“, М., Госгеолтехиздат, 1960

2. Аккумулятивные поверхности рельефа изображаются нанесением черного крапа в шахматном порядке на соответствующие генетические цвета

* Условные знаки этих элементов рельефа употребляются только при изображении подводного рельефа.

Субгоризонтальные поверхности

С к л о н ы

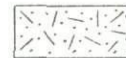
Многоцветный вариант карты

Черно-белый вариант карты

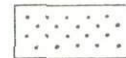
Многоцветный вариант карты

Черно-белый вариант карты

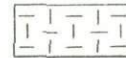
25-А-VI



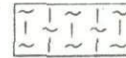
43-Б-VI



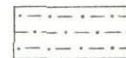
43-А-VI



43-Д-VI



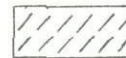
44-А-V



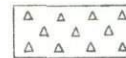
43-Г-V



48-А-V



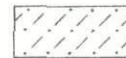
18-А-VI



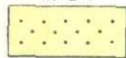
18-В-VI



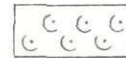
8-Г-V



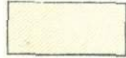
47-Б-I



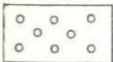
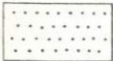

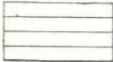


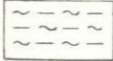
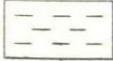
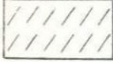
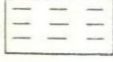
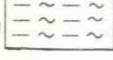
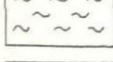
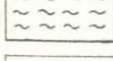
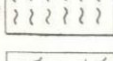
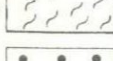
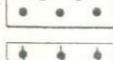
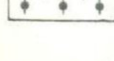
46-В-I



1-А-VI



2. ВОЗРАСТ РЕЛЬЕФА

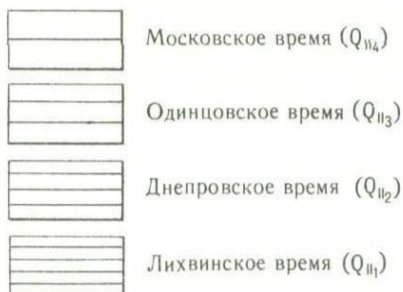
Q		Четвертичный
Q _{IV}		Современный (голоценовый)
Q _{III}		Позднечетвертичный (позднеплейстоценовый)
Q _{II}		Среднечетвертичный (среднеплейстоценовый)
Q _I		Раннечетвертичный (раннеплейстоценовый)
N ₂ -Q _I		Плиоцен-раннечетвертичный
P-N		Палеоген-неогеновый
N		Неогеновый
N ₂		Плиоценовый
N ₁		Миоценовый
P ₃ -N ₁		Олигоцен-миоценовый
P		Палеогеновый
P ₃		Олигоценый
P ₂		Эоценовый
P ₁		Палеоценовый
MZ		Мезозойский
K		Меловой



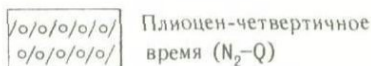
1. Под геологическим возрастом элементов рельефа понимается время завершения их формирования и перехода в реликтовое состояние. Он обозначается одним индексом (например, N_1^1). Для развивающихся в настоящее время элементов рельефа на карте показывается длительность их формирования (от начала развития до настоящего времени). Она обозначается двумя индексами (например, N_2-Q).

2. Возраст элементов рельефа на черно-белых вариантах геоморфологических карт показывается геологическими индексами, на многоцветных картах, не предназначенных для издания, – штриховыми знаками, которые накладываются на генетические цвета и даются более густыми оттенками соответствующих генетических цветов (например, темно-зеленая возрастная штриховка на зеленом генетическом фоне, темно-коричневая возрастная штриховка на коричневом генетическом фоне и т.п.); на многоцветных картах, предназначенных для издания, – геологическими индексами (для аккумулятивных элементов рельефа – дополнительно и оттенками соответствующих генетических цветов).

3. Для показа более дробных возрастных категорий, чем указанные в таблице, пользуются методом сгущения штрихов при переходе от более молодых к более древним элементам рельефа. Так, например, для выделения четырех среднечетвертичных подразделений самое молодое из них показывается горизонтальной штриховкой с максимальным разрежением (см. условный знак в таблице для среднего плейстоцена), а более древние – системами аналогичных штриховок, но со все более и более уменьшающимися промежутками между линиями:










4. Для показа сложных возрастных подразделений, не предусмотренных легендой, используются комбинации соответствующих возрастных категорий (знаков), например:











3. ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

(внемасштабные условные обозначения)*

Тектоногенные**

-  Новейшие антиклинальные возвышенности
-  Новейшие синклинальные впадины
-  Соляные купола
-  Горстовые возвышенности
-  Грабеновые долины
-  Возвышенности, обусловленные внедрениями лакколитов
-  Тектонически predetermined седловины

Вулканогенные**

-  Вулканы действующие
-  Вулканы потухшие
-  Маары, воронки взрыва
-  Кратеры, кальдеры действующих вулканов
-  Кратеры, кальдеры потухших вулканов
-  Паразитические конусы
-  Экструзивные купола
-  Лавовые потоки





* Линейно вытянутые знаки наносятся в соответствии с ориентировкой и размерами линейных форм.

** Условные знаки этих форм показываются на многоцветных вариантах карты красным цветом, на черно-белых вариантах - черным.




Псевдовулканические

- Грязевые вулканы действующие
- Грязевые вулканы недействующие

Денудационные и литоморфные

-  Отпрепарированные тектонические разрывы (уступы)*
-  Отпрепарированные антиклинали
-  Отпрепарированные синклинали
-  Отпрепарированные интрузии
- Н Отпрепарированные приконтактные зоны интрузий
- ▲ Денудационные останцы, кигиляхи, монадоки
- ↙ Отпрепарированные дайки, жилы
- Отпрепарированные некки
- ★ Отпрепарированные наклонные пласты (куэсты и т.п.)
- ≡ Отпрепарированные субгоризонтальные пласты (ступени)





Флювиальные

- ∧ Эрозионные ложбины, овраги, распадки и т.п.
- ✓ Делли
- ∩ Водосборные воронки
-  Прирусловые валы
- ∧ Конусы выноса**
-  Водопады (а) и пороги (б)
-  Уступы висячих долин
- ☼ Эрозионные останцы









* На многоцветных вариантах карты показывааются красным цветом.

** Если эти формы картируются в данном масштабе, то условный знак должен отражать их размеры и конфигурацию в плане.



Морские и озерные

-  Абразионные останцы надводные
-  Абразионные останцы подводные*
-  Береговые валы, бары*
-  Подводные аккумулятивные валы*

Ледниковые и водно-ледниковые


-  Цирки, кары
-  Троговые долины
-  Бараньи лбы
-  Конечные морены
-  Озы
-  Камы
-  Рягели
-  Друмлены

Гравитационные









-  Осыпные, обвальные конусы, шлейфы**
-  Оползни***

* На многоцветных вариантах карты показываються синим цветом.




** Если эти формы картируются в данном масштабе, то условный знак должен отражать их размеры и конфигурацию в плане.

*** Для развивающихся форм рядом с условным знаком ставится стрелка (например, )






Мерзлотные и солифлюкционные

-  Нагорные террасы
-  Курумы
-  Солифлюкционные террасы, оплывины и т. п.
-  Байджерахи
-  Бугры пучения
-  Гидролакколиты
-  Термокарстовые западины
-  Каменные многоугольники, медальоны и т. п.



Карстово-суффозионные

-  Карстовые воронки, поля и т. п.
-  Устья пещер
-  Суффозионные просадочные западины




Эоловые


-  Бугры, холмы
-  Гряды
-  Дюны*
-  Барханы*
-  Котловины выдувания

Техногенные

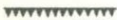
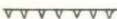

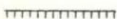








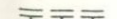

-  Карьеры, выемки, просадки над горными выработками и прочие отрицательные формы рельефа
-  Отвалы, терриконы, насыпи и прочие положительные формы рельефа

Прочие

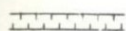
-  Такыры
-  Солончаки
-  Сели

* Для развивающихся форм рядом с условным знаком ставится стрелка (например, )

4. ПРОЧИЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

-  Тектонические уступы (зубчики по падению сместителя)*
-  Уступы, образовавшиеся в результате препарировки древних тектонических нарушений
-  Структурно-денудационные уступы
-  Эрозионные уступы
-  Денудационно-эрозионные уступы
-  Денудационные уступы
-  Абразионные уступы
-  Экзарационные, морозно-нивальные уступы
-  Термоабразионные уступы
-  Дефляционные уступы
-  Тектонические разрывы, предопределяющие линейное расположение элементов рельефа*
-  Падение пластов горных пород 30°
-  Контуры отмерших долин
-  Контуры погребенных долин

* На многоцветных вариантах карты показываются красным цветом.



Контурсы затопленных долин*



Контурсы подводных каньонов*



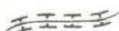
Оси подводных ложбин*



Эпигенетические участки долин



Антецедентные участки долин



Троговые участки долин



Места речных перехватов

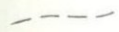
Границы:



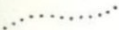
четкие



неясные (постепенные)



предполагаемые



Границы ареалов распространения мелких форм рельефа



Линии гребневидных водоразделов



Линии уплощенных водоразделов

* На многоцветных вариантах карты изображаются синим цветом.

Исправления
к „Методическому руководству
по геоморфологическим исследованиям“

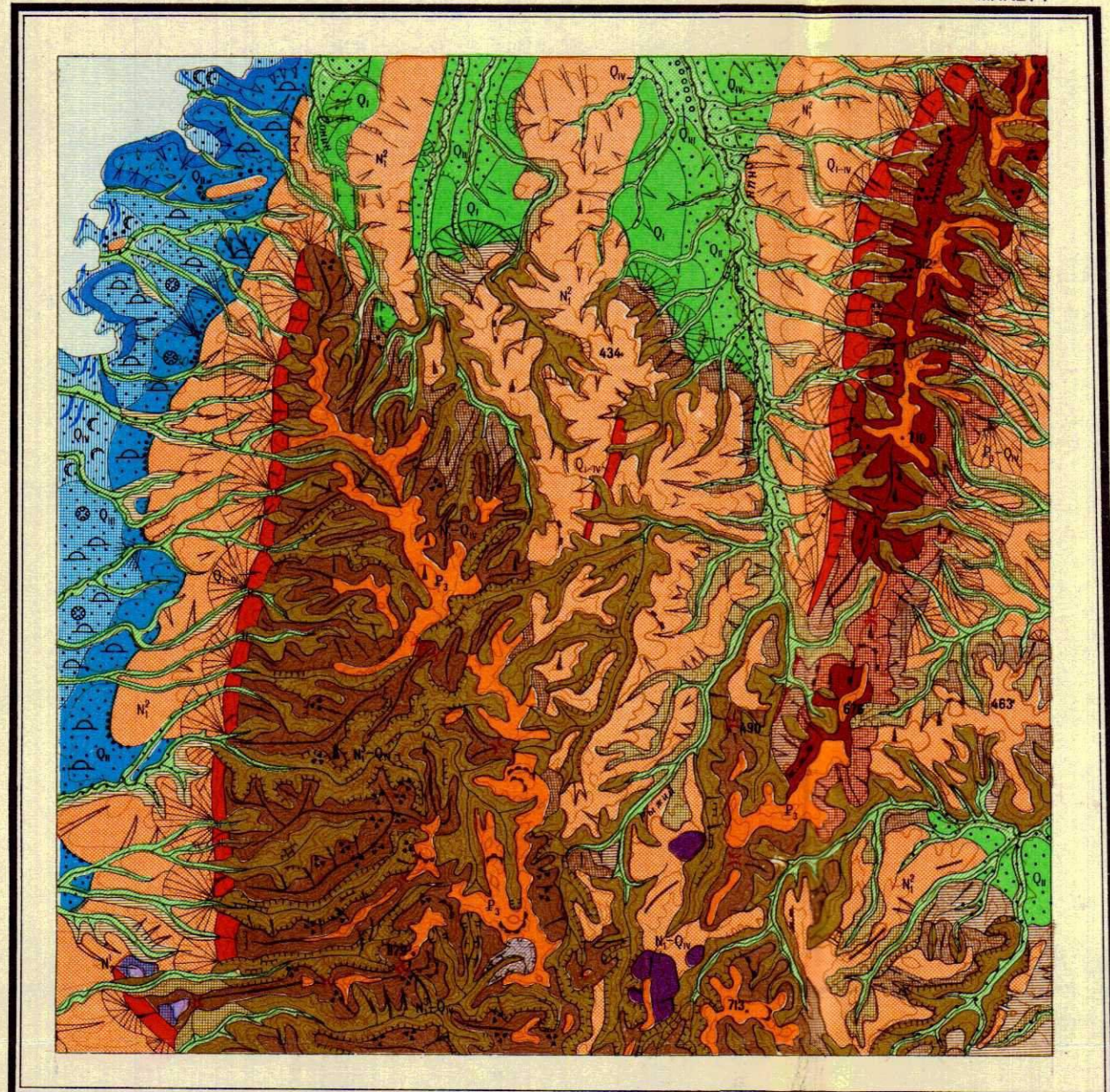
С.	Строка	Напечатано	Должно быть
12	23 св.	указателей	списков
69	1 сн.	визирует ее	визирует
75	6-7 сн.	микро-, а иногда и мезорельеф	мезо-, а иногда и микрорельеф
194	Рис. 34	Казахстанский мелкосопочник	Казахский мелкосопочник
		хр. Эльбура	хр. Эльбурс
		Алтай	Алай
233	8 сн.	Цифровыми	Буквенно-цифровыми
239	Продолжение табл. 6, 4 сн.	sl-sn	al-sn
291	Таблица 12, 2-й столбец справа, незаполненные строки		Современные

Оформлено и отпечатано на Ленинградской картографической фабрике ВАГТ
Министерства геологии СССР.
Редакторы оформления: картограф Н. В. Ключкина, геолог Л. И. Дудинова.
Технический редактор Л. Г. Долгонос.
Заказ 743/1558. Тираж 5300 экз. Подписано к печати 13/х-1972г.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Приложение 6
 ЛАМЕТ 1

У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я



Карта составлена В.М. РЫЖКОВОЙ
 Редактор В.В. СОЛОВЬЕВ



<p>ТЕКТОНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА</p> <p>Предопределенные разрывными нарушениями</p> <p> Склоны, предопределенные разломами, крутые; длительность формирования: ранний плейстоцен - голоцен (Q_{1-IV})</p> <p>ВУЛКАНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА</p> <p>Созданные излияниями лав</p> <p> Базальтовые плато, раннеплиоценового возраста (N_1^2)</p> <p> Склоны базальтовых плато, крутые; длительность формирования: средний плиоцен - голоцен ($N_2^2-Q_{IV}$)</p> <p>ВЫРАБОТАННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА</p> <p>Структурно-денудационные</p> <p> Склоны горных гряд, предопределенные древними складчатыми структурами; а - крутые, б - средней крутизны, в - пологие; длительность формирования: олигоцен - голоцен (P_3-Q_{IV})</p> <p> Склоны возвышенностей, предопределенные препарировкой интрузивных тел, крутые; длительность формирования: миоцен - голоцен (N_1-Q_{IV})</p> <p>Эрозионные</p> <p> Терраса скульптурная высотой 60 м раннечетвертичного возраста (Q_1)</p> <p>Денудационно-эрозионные</p> <p> Склоны речных долин, а - крутые, б - средней крутизны, в - пологие; длительность формирования: поздний миоцен - голоцен (N_2-Q_{IV})</p>	<p>Денудационные</p> <p> Склоны горных хребтов и возвышенностей, созданные комплексом склоновых процессов; а - крутые, б - средней крутизны, в - пологие; длительность формирования: ранний миоцен - голоцен (N_1-Q_{IV})</p> <p> Увалистая поверхность выравнивания среднемиоценового возраста (N_1^2)</p> <p> Холмисто-увалистая поверхность выравнивания олигоценного возраста (P_3)</p> <p>Абразионные</p> <p> Склоны морских террас, крутые; длительность формирования: сарганское время - голоцен ($Q_{III}-Q_{IV}$)</p> <p>Экзарационные</p> <p> Склоны троговых долин и цирков, крутые; зырянского возраста (Q_{III})</p> <p>АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА</p> <p>Речные</p> <p> Пойма голоценового возраста (Q_{IV})</p> <p> I надпойменная терраса высотой 15 м позднечетвертичного возраста (Q_{III})</p> <p> II надпойменная терраса высотой 40 м среднечетвертичного возраста (Q_2)</p> <p>Морские</p> <p> Лайда голоценового возраста (Q_{IV})</p> <p> I терраса высотой 12-15 м позднечетвертичного возраста (Q_{III})</p> <p> II терраса высотой 25-30 м среднечетвертичного возраста (Q_2)</p>	<p>ФОРМЫ РЕЛЬЕФА</p> <p>Тектоногенные</p> <p> Тектонически предопределенные седловины</p> <p>Денудационные</p> <p> Денудационные останцы</p> <p> Отпрепарированные дайки</p> <p> Куэсты</p> <p>Флювиальные</p> <p> Овраги и мелкие сухие долины</p> <p> Делли</p> <p> Прирусловые валы</p> <p> Проллювиальные конусы выноса</p> <p> Водопады</p> <p>Морские</p> <p> Береговые валы</p> <p>Ледниковые</p> <p> Цирки, кары</p> <p>Гравитационные</p> <p> Аллювиально-делювиальные шлейфы</p>	<p>Эоловые</p> <p> Дюны</p> <p>Мерзлотные и солифлюкционные</p> <p> Нагорные террасы</p> <p> Курумы</p> <p> Мерзлотные бугры пучения</p> <p> Термоабразионные котловины</p> <p>ПРОЧИЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ</p> <p> Тектонические уступы</p> <p> Эрозионные уступы</p> <p> Денудационные уступы</p> <p> Абразионные уступы</p> <p> Падение пластов горных пород</p> <p> Остатки отмерших древних долин</p> <p> Троги</p> <p> Водоразделы гребневидные</p>
---	---	---	---

Примечание. Крутизна склонов: а - более 30°, б - 20-30°, в - менее 20°

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Приложение 7

МАНЕТ 2



Карта составлена Т.П. ПОЛНИКОВОЙ
 Редактор Ю.Ф. ЧЕМЕКОВ

1 : 200 000

в 1 сантиметре 2 километра



У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

ТЕКТОНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА

Созданные разрывными нарушениями

Склоны, predetermined разломами, крутые; длительность формирования: плиоцен - голоцен (N_2-Q_w)

ВЫРАБОТАННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА

Эрозионные

Склоны речных долин, а - крутые, б - средней крутизны; длительность формирования: ранний плейстоцен - голоцен (Q_{1-III})

Денудационно-эрозионные

Склоны речных долин, а - крутые, б - средней крутизны; длительность формирования: плиоцен - голоцен (N_2-Q_w)

Денудационные

Склоны горных хребтов и возвышенностей, созданные комплексом склоновых процессов, а - крутые, б - средней крутизны, в - пологие; длительность формирования: средний миоцен - голоцен ($N_1^2-Q_w$)

Пологонаклонная поверхность педиментов раннечетвертичного возраста (Q_1)

Увалистая поверхность выравнивания раннемиоценового возраста (N_1^1)

Склоны троговых долин и каров: а - крутые, б - средней крутизны, сартанского оледенения (Q_{m1})

Склоны троговых долин и каров, крутые, зырянского оледенения (Q_{m2})

Примечание. Крутизна склонов: крутые - более 30° , средней крутизны - $20-30^\circ$, пологие - менее 20°

АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА

Созданные речной аккумуляцией

Пойма голоценового возраста (Q_w)

I терраса высотой 12 м позднечетвертичного возраста (Q_{1n})

II терраса высотой 20 м среднечетвертичного возраста (Q_n)

III терраса высотой 50 м раннечетвертичного возраста (Q_1)

Созданные ледниковой аккумуляцией

Конечные морены сартанского оледенения (Q_{m1})

Конечные морены зырянского оледенения (Q_{m2})

Созданные водно-ледниковыми потоками

Флювиогляциальная терраса высотой 8 м сартанского оледенения (Q_{m1})

Флювиогляциальная терраса высотой 12 м зырянского оледенения (Q_{m2})

Созданные совместной деятельностью рек и озер

Озерно-аллювиальная равнина ранне-среднечетвертичного возраста (Q_{1-III})

Созданные совместной деятельностью рек и временных потоков

Предгорные равнины и конусы выноса позднечетвертичного возраста (Q_{1n})

ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

Денудационные

Денудационные останцы

Ледниковые

Кары

Мерзлотные и солифлюкционные

Нагорные террасы

Курумы

Бугры пучения

Карстово-суффозионные

Устья пещер

ПРОЧИЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Эрозионные уступы

Линии гребневидных водоразделов

Границы четко выраженные, прослеженные (а) и предполагаемые (б)